

Jorma Kaulanen

# Asterisk-Drupal-integraation testaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Insinööri  
24.5.2011

Tekijä Otsikko	Jorma Kaulanen Drupal-Asterisk-integraation testaus
Sivumäärä Aika	54 sivua + 1 liite 24.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	ohjelmistotekniikka
Ohjaaja	yliopettaja Pasi Ranne
<p>Asterisk on avoimen lähdekoodin sovellus, joka tarjoaa mahdollisuuden käyttää perinteistä tietokonetta IP-puhelinvaihteena. Tämän insinööri työn aiheena on tutkia Asteriskin ja Drupal-sisällönhallintajärjestelmän integraatiota. Työ tehtiin Yritys Oy:lle, joka on pääkaupunkiseudulla toimiva tietoteknisiä ratkaisuja ja www-palveluita tarjoava yritys.</p> <p>Tutkimusta varten työssä rakennetaan Yritys Oy:hyn yrityksen sisäinen IP-puhelinvaihderyjärjestelmä, joka mahdollistaa IP-puheluiden soittamisen yrityksen tietokoneiden välillä. Puhelinvaihderyjärjestelmä toteutettiin Asterisk-sovelluksella, joka asennettiin virtuaalipalvelimelle. Lopuksi puhelinjärjestelmä pyrittiin integroimaan Drupal-sisällönhallintajärjestelmään asentamalla yrityksen Asterisk-palvelimelle integraatioon kehitetty Drupal-moduuli.</p> <p>Insinööri työssä tutustuttiin Internet-puheluiden historiaan, kehitykseen ja tekniikkaan. Lisäksi selvitettiin taustoja työssä käytetyistä työtapoista ja työkaluista, joita olivat Asterisk, Drupal-sisällönhallintajärjestelmä, VMware Server ja virtualisointi. Lopuksi tutkittiin Drupal-Asterisk-integraation mahdollisuuksia, sekä integraatioon liittyvien Drupal-moduulien kehityksen tilannetta.</p> <p>Asterisk-puhelinjärjestelmä tulee olemaan osa Yritys Oy:n suurempaa tuotekokonaisuutta. Tässä työssä sitä käytettiin viidellä tietokoneella.</p> <p>Työn tuloksena toteutettu Asterisk-puhelinjärjestelmä todettiin hyvin toimivaksi kokonaisuudeksi. Toteutettu IP-PBX-järjestelmä mahdollistaa erilaisten puhelinreititysten luomisen ja muokkaamisen yrityksen tarpeisiin.</p> <p>Drupal-Asterisk-integraatio osoittautui toimimattomaksi ja saatujen tutkimustulosten perusteella todettiin, että Asterisk-integraatio-moduulin kehitys on keskeneräinen. Testiasennettu moduuli ilmoitettiin hylätyksi projektiksi vain muutaman päivän kuluttua siitä, kun moduulia oli yritetty asentaa Yritys Oy:n järjestelmään.</p>	
Avainsanat	VoIP, Asterisk, Drupal, puhelinvaihderyjärjestelmä

Author Title	Jorma Kaulanen Testing of a Drupal Asterisk integration
Number of Pages Date	54 pages + 1 appendix 24 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Software Engineering
Instructor	Pasi Ranne, Principal Lecturer
<p>Asterisk is an open-source software tool, which offers a possibility to use a traditional computer as an IP-telephone exchange. The topic of this thesis was to examine the changes needed to integrate Asterisk and Drupal. For the study, an internal IP-telephone exchange system was built to allow users to make IP-phone calls between a company's computers. The telephone exchange system was implemented by Asterisk software, which was installed to a virtual server. In the end, the telephone exchange system was to be integrated into the Drupal content management system.</p> <p>This thesis covers the history, improvement and technology of Internet calls. Moreover this thesis goes through the tools used, which are the Asterisk telephone exchange system, the Drupal content management system, VMware Server and virtualization. Finally this thesis examines the integration possibilities of Asterisk and Drupal and the development of the Drupal integration modules.</p> <p>The Asterisktelephone exchange will be a part of a larger product development. In this work the system was tested with five computers.</p> <p>The Asterisk exchange system implemented in this thesis has proven to be an appropriately working entity. The Engineered IP-PBX system enables users to create and modify various dial plans for the company's needs.</p> <p>Drupal Asterisk integration proved to be unworkable and the research results revealed that the Asterisk integration module development was incomplete. The installed test module was declared an abandoned project just after a few days, after an attempt to install the module into the Company Ltd's system.</p>	
Keywords	VoIP, Asterisk, Drupal, Telephone Exchange

## Sisälllys

1 Johdanto	1
	—
2 IP-puhelut	2
	—
2.1 Puhelinteknologian kehitys	2
	—
2.2 Yleistä IP-puheluista	5
	—
2.3 PBX-järjestelmä	6
	—
2.4 IP-PBX-järjestelmä	8
	—
2.5 IP-puheluiden päätelaitteet	10
2.5.1 ATAn käyttäminen IP-puheluiden toteutuksessa	10
	—
2.5.2 IP-puhelin	11
	—
2.5.3 Ohjelmistopuhelin	13
	—
2.6 VoIPin perusteet	14
	—
2.7 Merkinantoprotokollat	15
	—
2.8 IP-puheluiden turvallisuus	17
	—
3 Asterisk	18
	—
3.1 Asterisk-järjestelmän toiminta	18
	—
3.2 SIP-kanavien konfigurointi	19
	—
3.3 Soittosuunnitelman konfigurointi	20
	—
3.4 Asteriskin hallinta	21
	—
4 Drupal	23
	—
4.1 Drupalin esittely	23
	—
4.2 Drupalin edut	23
	—
4.3 Drupalin toiminta	24
	—
4.4 Asterisk-Drupal-integraation mahdollisuus	27
	—
5 VMware ja sen toiminta	29
	—
6 Järjestelmän asennus ja konfigurointi	31
	—
6.1 Työn suunnittelu	31
	—

6.2 Wmware Serverin asentaminen kotilaboratorioon	33
6.3 Asterisk-järjestelmän asentaminen yritysympäristöön	40
6.4 Asterisk-Drupal-integraation testaaminen	45
7 Yhteenveto	49
Lähteet	51
Liitteet	
Liite 1.  Palvelut puheluille ja niiden muodostukselle	

## Lyhenteitä ja käsitteitä

Arpanet	<i>Advanced Research Projects Agency Network</i> . Vuonna 1969 Yhdysvaltain sotilaallista tutkimusta varten perustettu tietoverkko, joka alkoi vuodesta 1983 lähtien käyttää TCP/IP-protokollaa. Tietoverkosta kehittyi Internet.
Asterisk	Avoimen lähdekoodin IP-PBX, joka sisältää ominaisuudet palveluiden toteuttamiseen.
ATA	<i>Analog Telephony Adapter</i> . Laite, jonka avulla yhdistetään analogiset puhelimet digitaaliseen puhelinjärjestelmään.
Drupal	PHP-pohjainen avoimen lähdekoodin sisällönhallintajärjestelmä.
E.162	ITU-T:n suositus kansainvälisten puhelinnumeroiden muodoksi.
H.323	ITU-T:n signaalointiprotokolla, joka on SIPin vaihtoehtoinen yleisstandardi lähes kaikille protokollille, jotka mahdollistavat audiovisuaalisen kommunikoinnin Internetissä ja lähiverkoissa.
ENUM	<i>Telephone Number Mapping</i> . Tapa muuntaa E.162-tyyppinen puhelinnumero Internetin URI:ksi, tai Internetin URI E.162-tyyppiseksi.
IAX	<i>Inter-Asterisk eXchange</i> . Asteriskille määritelty protokolla, jota ei suositella käytettäväksi. IAX käytetään nykyään viittaamaan IAX2-protokollaan.
IAX2	<i>Inter-Asterisk eXchange version 2</i> . Asteriskille määritelty VoIPprotokolla, joka mahdollistaa mediavirran välittämisen ja ohjauksen IP-protokollan päällä.
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i> . Internetin standardeja laativa elin.
IP-PBX	<i>Internet Protocol PBX</i> . IP-puhelinvaihde, kuten PBX, mutta mahdollistaa puheluiden välittämisen IP-verkon välityksellä.
IP	<i>Internet Protocol</i> . Internetin verkkokerroksen yhteyskäytäntö.
ITU	<i>International Telecommunication Union</i> . YK:n alaisuudessa toimiva kansainvälinen organisaatio, joka yhdessä maiden hallitusten ja yksityisten tahojen kanssa koordinoi kansanvälisiä televerkkoja ja -palveluita.
ITU-T	<i>ITU Telecommunication Standardization Sector</i> . Yksi ITU:n kolmesta pääsektorista, joka standardisoi tietoliikennettä ja televiestintää.
PBX	<i>Private Branch eXchange</i> . Järjestelmä, joka muodostaa kytkentöjä puhelinlinjojen välille.
PHP	<i>PHP: Hypertext Preprocessor</i> . Ohjelmointikieli, jota käytetään Web-palvelinympäristöissä dynaamisten web-sivujen luonnissa.

PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i> . Perinteinen puhelinverkko, joka muodostuu useista piirikytkentäisistä puhelinverkoista ympäri maailmaa.
SIP	<i>Session Initial Protocol</i> . IETF:n määrittelemä VoIP-merkinantoprotokolla.
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> . Internetin kuljetuskerroksella käytettävä protokolla.
Trunk	Kahden kytkentäpisteen välillä olevaa kanavaa, jolla siirretään useita samanaikaisia puheluita.
UDP	<i>User Datagram Protocol</i> . IP-verkoissa käytetty kuljetuskerroksen yhteydetön protokolla (vaihtoehto TCP:lle).
VoIP	<i>Voice over IP</i> . Nimitys puheen siirrolle TCP/IP-verkossa.
VMware	Ilmainen virtuaalikoneiden isäntäohjelmisto.

## 1 Johdanto

Vanha piirikytkentäinen puhelinverkko on ollut käytössä jo yli sata vuotta. Puhelinvaihteet (Private Branch Exchange, PBX) ovat olleet yrityskäytössä jo yli 35 vuotta. Nykyään yritykset siirtävät vanhoja PBX-puhelinvaihteitansa enenevässä määrin Internet-protokollaa käyttäviin IP-PBX-järjestelmiin (Internet Protocol Private Branch Exchange). Tarjolla on lukuisia maksullisia puhelinvaihdepaketteja, jotka on konfiguroitu ja säädetty asiakkaalle valmiiksi. Maksullisten puhelinvaihteiden hinnat ovat kuitenkin yleensä korkeat ja niiden toiminnot rajoitetut.

Tarjolla on olemassa ilmaisia Internet-protokollaa hyväksikäyttäviä järjestelmiä, jotka mahdollistava oman puhelinvaihteen rakentamisen ja muokkaamisen. Maailman suosituin täydelliset IP-PBX-ominaisuudet tarjoava järjestelmä on vapaan lähdekoodin sovellys Asterisk.

Tämä insinöörityö käsittelee Internet-puheluiden toteutusta, Asterisk-järjestelmän käyttöönottoa ja konfiguroimista yritys ympäristöön, sekä päällisin puolin järjestelmän virtualisointia VMware Server -ohjelmistolla. Työssä Asterisk-puhelinvaihteen tarkoitus on mahdollistaa yrityksen sisäisten puheluiden toteutumisen niin, että se voidaan jatkossa siirtää osaksi tuotekokonaisuutta.

Työ tehdään pääkaupunkiseudulla toimivaan yritykseen, jonka toimialaa ovat www-palvelut ja ratkaisut. Yritys ei halua julkistaa oikeaa nimeään yrityssalaisuuksien vuoksi, joten jatkossa siitä käytetään nimeä Yritys Oy. Työ on osa tuotekehittelykokonaisuutta.

Puhelinvaihteen rakentamisen lisäksi työssä tutkitaan Asteriskin ja Drupalin integraation mahdollistavien moduulien nykytilannetta ja testataan kokeellisesti olemassa olevan moduulin toimintaa. Integraatio on hyvin ajankohtainen, sillä sen kehitystyö on jatkuvasti käynnissä.



## 2 IP-puhelut

### 2.1 Puhelinteknologian kehitys

#### PSTN ja puhelinverkot

Vastoin yleistä käsitystä, ensimmäisen puhelimen keksi Antonio Santi Giuseppe Meucci vuonna 1854. Taloudellisen tilanteensa vuoksi hän joutui myymään keksintönsä. Aikaisemmin kunnia keksinnöstä on yleensä annettu Alexander Graham Bellin 1876 esittelemälle telephonelle, mutta Yhdysvaltain kongressi tunnusti syyskuussa 2001 Meuccin ehtineen ensin. [1; 2.] Ensimmäiset puhelinverkot alkoivat muodostua puhelinlaitteiden välille vedetyistä johtimista. Hiljalleen rakennettiin alueellisia keskuksia, jotka yhdistettiin toisiinsa. [2.]

PSTN (The Public Switched Telephony Network) on lyhenne perinteisestä puhelinverkosta, joka koostuu useista piiriyhteyksistä puhelinverkoista. PSTN on laajentunut maailman kattavaksi kokonaisuudeksi, joka aluksi muodostui pelkästään analogisista verkoista. Nykyään verkkoa ohjataan pääasiallisesti automatisoidusti ja toiminta on digitalisoitu. Nykyaikainen puhelinverkko ei ole enää täysin piiriyhteyksellinen, vaan tiedonsiirrossa käytetään enenevässä määrin lähiverkoista ja Internetistä tuttua pakettivälitteistä verkkoa. [3.]

Voice over Internet Protocol eli VoIP on menetelmä lähettää keskustelu Internetin kautta tietopaketteina. Pakettivälitteisen verkon ja perinteisen puhelinverkon suuri ero on, ettei lähettäjän ja vastaanottajan kiinteää yhteyttä varata, vaan datapaketit välitetään verkossa pakettien otsikkokentässä olevan osoitteen perusteella. Paketit voivat tämän ansiosta kulkea verkossa eri reittejä pitkin, sekä eri järjestyksessä, vaikka olisivatkin lähetysjärjestyksessä peräkkäin. [4.]

#### Internet-puhelujen kehitys

Teknologian kehittyessä puhelinliikennettä alettiin ohjata tietokoneiden avulla. Lopulta siirryttiin pois sähkömekaanisista rele-yhteyksistä välityksistä digitaalisiin keskuksiin. Ensimmäisiä Internet-puhelukokeita tehtiin Arpanetissä jo 1970-luvun loppupuolella.

Ongelmana tuolloin oli tietokoneiden kapasiteetin vähyys ja prosessoritehojen riittämättömyys.

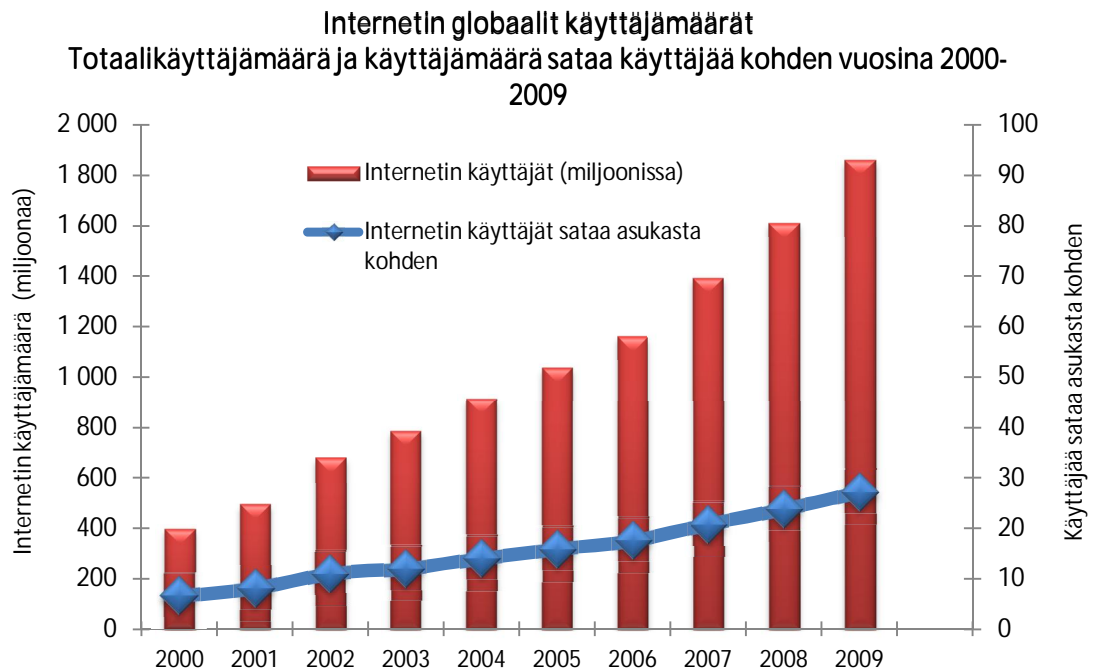
1990-luvulla prosessoritehot nousivat huimasti, ja vuonna 1995 Volcatec julkisti ensimmäisen version Internet Phone -ohjelmastaan. [5.] Tämä VoIP-ohjelmisto suunniteltiin kotitietokoneella, niin kuin ne toimivat käytännössä tänä päivänä. Ohjelmisto tunnisti äänikortin, mikrofonin, sekä kaiuttimen. Ohjelmisto käytti merkinantonsa H.323-protokollaa, eikä SIP-protokollaa, joka on selvästi hallitsevassa roolissa tänä päivänä.

Vuonna 1998 VoIP-puhelut kattoivat arviolta yhden prosentin koko Yhdysvaltojen puhelinliikenteestä. Cisco ja Lucent esittelivät laitteistoa, jotka mahdollistivat VoIP-puhelinliikenteen reitittämisen ja ohjaamisen. Tämä nosti VoIP-puhelinliikenteen osuuden Yhdysvalloissa kolmeen prosenttiin. [6.]

#### Internetin ja puhelinliittymien kasvu

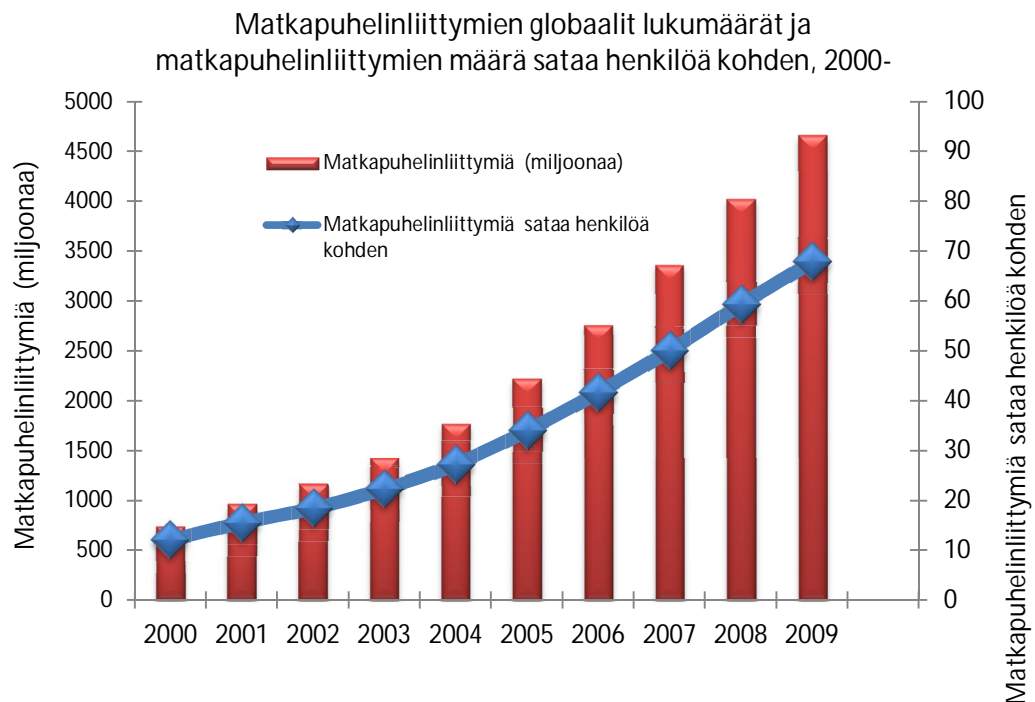
VoIP-puheluiden luotettavuus ja laatu ovat parantuneet viime vuosina huomattavasti. Muun muassa tämä on lisännyt VoIP-käyttäjien määrää. Tärkeämpi syy VoIPin suosion kasvuun on Internetin ja matkapuhelimien käyttäjämääräin kasvu. Siksi on tärkeää ottaa nämä huomioon tarkasteltaessa VoIPin tulevaisuuden näkymiä.

Internetin käyttöaste on tällä hetkellä korkein Euroopassa. Raili Leino [7] kirjoittaa Tekniikka & Talous -lehdessä, että ITU:n tilastojen mukaan eurooppalaisista kahdella kolmesta on jo Internet-yhteys, ja Internetin käyttäjiä Euroopassa on yli 400 miljoonaa. Kuten kuva 1 havainnollistaa, Internetin käyttäjämäärä on lähes kaksinkertaistunut vuoden 2005 ja 2009 välisenä aikana.



Kuva 1. Internetin käyttäjämäärien kasvu [8].

Lähes jokaisessa nykyaikaisissa kännykässä on SIP-asetukset, jotka mahdollistavat VoIP-puhelut. Samaan aikaan kännyköiden käyttö on kasvanut kovalla vauhdilla. Kuvan 2 mukaan kännykkäliittymien määrä on lähes kolminkertaistunut vuosina 2004–2009. Tämä mahdollistaa VoIPin käytön laajenemisen ja monipuolistumisen entisestään tulevaisuudessa.



Kuva 2. Matkapuhelinliittymien määrän kasvu [8].

VoIPin suosio on kasvanut samaan tahtiin kuin Internet ja matkapuhelinliittymien määrä. Tänä päivänä VoIP-pohjaisia puhelinsysteemejä on käytössä sadoissa tuhansissa yrityksissä ympäri maailman. Vuoden 2007 IP-puhelintekniikkalaitteiden vuosimyyntiksi arvioitiin 15 miljardia dollaria [9]. Vuoden 2008 lopussa oli pelkästään Yhdysvalloissa yli 21 miljoonaa toisiinsa kytkeytynyttä VoIP-yhteyttä [10].

## 2.2 Yleistä IP-puheluista

Viimeisten 50 vuoden ajan yritykset ovat käyttäneet tavanomaisia PBX-järjestelmiä. Tällöin tietojen siirtämiseen on vaadittu erilliset verkot. Nykypäivinä yritykset ovat siirtymässä nopeasti kohti VoIP PBX -järjestelmiä, joilla on havaittu hyvin paljon etuja vanhoihin järjestelmiin verrattuna.

IP-puhelua varten tarvitaan päätelaite ja Internet-yhteys. Mikäli päätelaitteena käytetään tietokonetta, on siihen yhdistettävä mikrofoni ja kaiutin. Lisäksi tietokoneeseen täytyy asentaa Internet-puhelinohjelma (softphone). Kun IP-puhelinta käytetään pääte-

laitteena, pitää se yhdistää RJ-45-liitännällä haluttuun verkkoon. Toisin sanoen Internet-yhteys voidaan valjastaa puhelimeksi.

IP-puheluna voidaan pitää reaaliaikaista puhelua, joka kulkee kokonaan tai osittain IP-pohjaisessa verkossa. Perinteisessä puhelinverkossa ja matkapuhelinverkossa käytetään piirikytkentäistä tekniikkaa. Siinä käynnissä olevaa puhelua varten on varattu koko puhekaista riippumatta siitä, puhutaanko linjalla vai ei. Internetissä puhe siirtyy paketeina verkossa muun tietoliikenteen seassa. Tiedonsiirtokanavalla on siis muutakin dataliikennettä samaan aikaan.

### 2.3 PBX-järjestelmä

PBX (Private branch exchange) on puhelinvaihejärjestelmä, joka muodostaa soittajan ja vastaanottajan välille kiinteän reitin, joka ei muutu puhelun aikana [11]. PBX-puhelinvaihdetta käytetään yrityksissä ja yhteisöissä puheluiden hallintaan ja palveluiden tarjoamiseen. Yrityksissä on käytetty puheluiden hallintaan puhelinvaihteita jo vuodesta 1975 lähtien. PBX liittää yrityksen oman puhelinverkon PSTN-verkkoon. Tämä mahdollistaa yritykselle puhelinverkko-operaattorien palvelujen käytön. [12, s. 1.]

PBX sisältää PSTN-liitännän lisäksi päätesovittimia, joita kutsutaan nimellä Terminal Adapter (TA). Päätesovitintyyppit jakaantuvat kahteen ryhmään: digitaalisiin päätesovittimiin ja analogisiin päätesovittimiin. PBX-päätesovitinliittymiä kutsutaan myös alaliittymiksi, joilla on oma alanumeronsa (Extension). [12, s. 4.]

Alanumero koostuu ITU-T:n (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) E.164-standardin mukaisen puhelinnumeron loppuosasta. E.164 on standardi on kansallisille ja kansainvälisille puhelinnumeroille. Standardi määrittelee, kuinka verkot, puhelimet ja palvelut tunnistetaan numeroiden avulla. [13.] Taulukko 1 esittää numerotunnisteen määrittelyä.

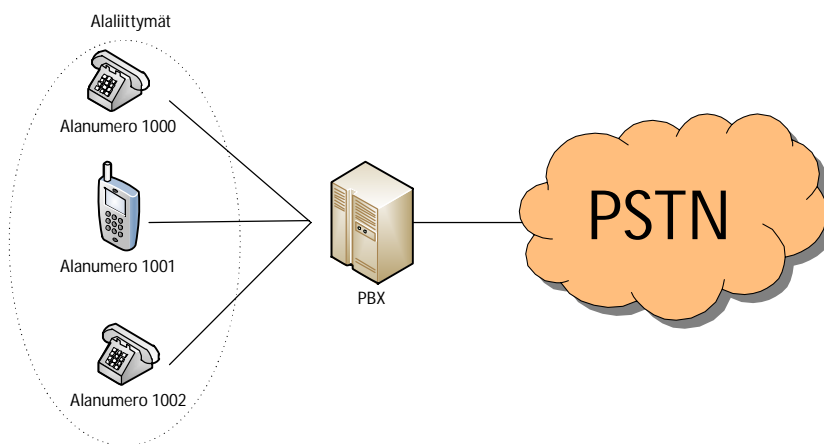
Taulukko 1. E.164-standardin mukainen numerotunnisteen määrittely [13].

Maantieteellinen tilaajien numerointi		
Maakoodi	Aluekoodi (valinnainen)	Tilaajanumero
1-3 numeroa	Kansallinen puhelinnumero, maakoodin kanssa enintään 15 numeroa	
Kansainvälinen julkinen puhelinnumero (enintään 15 numeroa)		
Maailmanlaajuisten palvelujen numerointi		
Maakoodi	Maailmanlaajuinen tilaajanumero	
3 numeroa	Enintään 12 numeroa	
Kansainvälinen julkinen numerotunnus maailmanlaajuisille tietoliikennepalveluille (enintään 15 numeroa)		
Verkkojen numerointi		
Maakoodi	Tunnuskoodi	Tilaajanumero
3 numeroa	1-4 numeroa	Tunnuskoodin kanssa korkeintaan 12 numeroa
Kansainvälinen julkinen numerotunnus verkoille (enintään 15 numeroa)		

PSTN- ja VoIP-verkon välisiä puheluita varten tarvitaan mekanismi, joka muuntaa E.164-tyyppiset puhelinnumerot URI-muotoon ja päinvastoin. Tähän on olemassa ENUM-palvelu (Telephone Number Mapping), joka tekee tarvittun muunnoksen. [12 s. 18.] Muunnoksessa numerot annetaan käänteisessä järjestyksessä ja numerot erotetaan toisistaan pisteellä. Esimerkiksi numero "+358 40 765 4321" tallennetaan DNS-palvelimelle verkkonimenä "1.2.3.4.5.6.7.0.4.5.8.3.e164.arpa". Tämä syöte palauttaa numeroa +358 40 765 4321 vastaavan IP-osoitteen. [13; 12, s. 18.]

PBX-järjestelmässä jokainen alaliittymä on yhdistettynä PBX-yksikköön, joka hoitaa puheluiden reitityksen. PBX yhdistää myös alaliittymien ja PSTN:n välisiä puheluita. Alaliittymien keskinäiset puhelut ovat ilmaisia. Kuvassa 3 on esimerkki, joka havainnol-

listaa PBX:n sijaintia suhteessa PSTN-verkoon ja alaliittymiin. PBX-puhelinvaihteeseen on kytketty kolme puhelinta, joilla on omat alanumeronsa. [12, s. 4.]



Kuva 3. PBX-puhelinvaihteen sijainti PSTN-verkossa.

## 2.4 IP-PBX-järjestelmä

Yritykset ja yhteisöt ovat ryhtyneet siirtymään vanhoista PBX-puhelinvaihteista ohjelmistopohjaisiin IP-PBX-järjestelmiin (Internet Protocol Private branch exchange). IP-PBX mahdollistaa puheluiden muodostamisen, videon lähettämisen ja palveluiden käytön alaliittymien, IP-päätelaitteiden ja PSTN-verkon välillä. [12, s. 1.] IP-PBX liitetään yrityksen lähiverkkoon verkkokortilla, ja puhelinliikenne tapahtuu IP-verkon välityksellä.

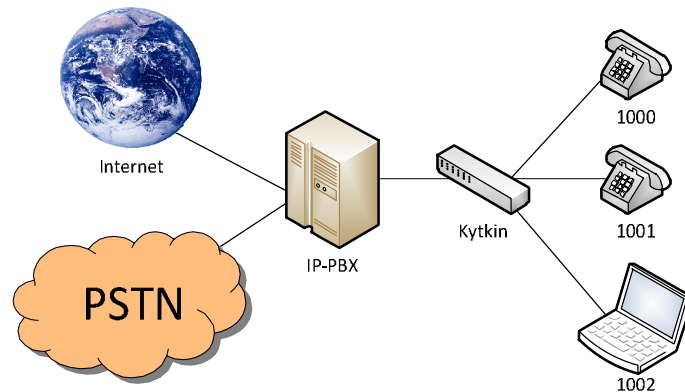
IP-PBX:n ja PBX:n suurin ero yrityksen näkökulmasta on puhelinkulujen pienentyminen. IP-PBX:ään lisätyn VoIP-tuen ansiosta puhelinkulut pienenevät huomattavasti. Periaatteessa IP-puhelimen käyttäjä hankkii vain tarvittavat päätelaitteet ja maksaa kiinteän Internet-liittymän hinnan [14]. Tämä korostuu erityisesti soitettaessa kaukopuheluista ulkomaille [15]. Lisäksi videopuheluista ei välttämättä tarvitse maksaa sen enempää kuin IP-puheluista. Tämä pätee tietysti vain silloin, kun soitetaan IP-puhelimesta IP-puhelimeen. Vanhan PBX-järjestelmän ja IP-PBX-järjestelmän eroja on lueteltu taulukossa 2.

Taulukko 2. IP-PBX:n ja PBX:n eroja [16, s. 19].

	IP-PBX	PBX
Käytännölliset / käyttäjäystävälliset sovellukset	Tukee	Ei tue
Äänensalaus	Tukee	Ei tue
Etäkäyttömahdollisuudet	Tukee	Ei tue
Puhelinliikenteessä tarvittavat perustoiminnot	Tukee	Tukee
Puhelinten integrointi tietokoneiden kanssa	Tukee	Tukee huonosti
Puhelinliikenteessä tarvittavat lisätoiminnot	Tukee	Tukee huonosti
Äänen muuntaminen dataksi	Tukee	Tukee huonosti
Liikuteltavuus	Tukee	Tukee huonosti
Laajennettavuus / Päivitettävyys	Tukee	Tukee huonosti
Hallittavuus	Hyvä	Huono
Hajautettujen toimipaikkojen tuki	Hyvä	Huono
Järjestelmän asennuksen kustannukset	Melko pienet	Melko suuret
Toiminnalliset kustannukset	Pienet	Suuret
Ylläpitokustannukset	Pienet	Suuret
Omistuskustannukset	Melko pienet	Melko suuret
Kustannukset käyttäjää kohti	Pienet – keskisuuret	Pienet – Suuret
Järjestelmän rakenne	Hajautettu	Keskitetty
Konfigurointi	Ohjelmistopohjainen	Laitteistopohjainen
Tarvittavat tietoverkot äänelle ja datalle	Yksi tietoverkko	Erilliset tietoverkot
Työpisteen kaapelointi	Ei erillistä	Erillinen
Kapasiteetti	Laajennettavissa	Rajoitettu
Yhteys Internetiin	Valmius	VoIP-yhdyskätävä
Järjestelmän varmistus	Palvelin pohjainen	2. PBX-järjestelmä

IP-puhelinvaihte voi myös toimia yhdyskätävänä yleiseen puhelinverkkoon, jolloin VoIP-puhelimilla pystytään soittamaan myös tavallisiin matka- ja lankapuhelimiin [17, s. 16]. Kuvassa 4 nähdään IP-PBX:n sijainti puhelinsysteemissä.





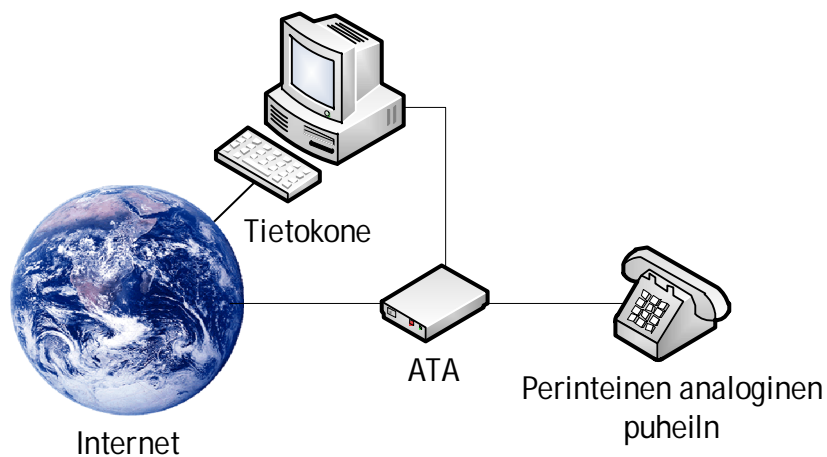
Kuva 4. IP-puhelinvaihde.

IP-PBX:n muita etuja on uusien alanumeroiden määrällinen rajoittamattomuus. Koska IP PBX on ohjelmistopohjainen, toisin kuin vanhempi PBX, on IP-PBX paljon joustavampi ja muokattampi ja sen päivittäminen on helppoa. [15.] Kuitenkin päivittäminen tai huoltotoimenpiteet voivat vaatia IP-PBX-palvelimen alasajoa toimenpiteiden ajaksi [16, s. 18].

## 2.5 IP-puheluiden päätelaitteet

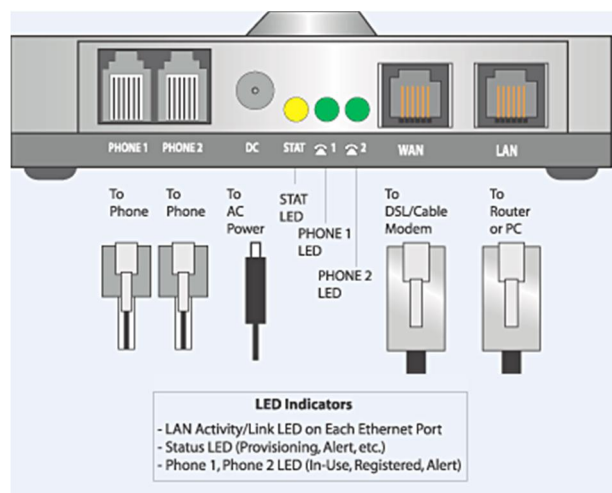
### 2.5.1 ATAn käyttäminen IP-puheluiden toteutuksessa

IP-puheluiden toteuttamiseen tarvitaan päätelaite, joka käsittelee puhetta ja siirtää sen verkkoon. Tähän on olemassa kolme yleistä laitevalintaa. Ensimmäinen näistä on analogisten adapterien käyttäminen. ATA on lyhenne sanoista Analog Telephone Adaptor. ATA-sovittimen avulla on mahdollista yhdistää yksi tai useampi perinteinen analoginen puhelin digitaaliseen puhelinjärjestelmään tai suoraan IP-verkkoon. Kuvassa 5 on havainnollistettu ATA:n käyttöä yksinkertaisimmillaan.



Kuva 5. Analogisen puhelimen yhdistäminen Internetiin.

Adapteri muuntaa analogisen puhelinsignaalin digitaaliseen muotoon. ATA on tavallisesti pienikokoinen laite, joka sisältää yleensä Ethernet-liitännän, virtaliitännän ja yhden tai useamman FXS-puhelinportin. Kuvassa 6 on esitettyä tyypillisen ATA-sovittimen liitännät. [18.]



Kuva 6. Tyypillisen ATA-sovittimen liitännät [18].

### 2.5.2 IP-puhelin

Toinen vaihtoehto on asentaa IP-puhelin systeemiin. IP-puhelin tunnetaan myös nimellä Hard Phone. IP-puhelimet ovat fyysisiä laitteita, jotka toimivat päällisin puolin samalla tavalla kuin perinteinen puhelin. IP-puhelimia on olemassa lukuisia erilaisia. IP-puhelimet voivat muistuttaa ulkonäöltään huomattavan paljon tavallista lankapuhelinta.

Lankapuhelimen ja IP-puhelimen suurin käytännön ero on niiden liitännässä. IP-puhelimet käyttävät RJ-45-liitäntää, tavallinen lankapuhelin RJ-11 -liitäntää. [16, s. 6.] Kuvassa 7 on esitetty eräs moderni IP-puhelin.



Kuva 7. Grandstream GXV3140 -IP-puhelin [48].

IP-puhelimet tyypillisesti tarjoavat parhaimman äänenlaadun muihin IP-puheluiden toteutustapoihin nähden. Suosituimmat IP-puhelimet tänä päivänä ovat

- Grandstream GXP Series
- Linksys SPA Series
- Aastra 57 Series
- Cisco IP Phones (7940 ja 7960)
- Polycom SoundPoint Series

VoIPin käyttämä protokolla riippuu käytettävästä laitteistosta, PBX:stä ja puhelinsysteemin vaatimuksista. [19, s. 31–33.]

IP-puhelimet voidaan siis yhdistää suoraan verkkoon, eikä väliin tarvita tietokonetta. IP-puhelimien lähettämä signaali on valmiiksi digitaalista, eikä se tarvitse erillistä AD-muunninta. [16, s. 6.] Todellisuudessa melkein kaikki IP-puhelimet ovat todellisuudessa ohjelmistopuhelimia yhdistettynä erikoislaitteistoon. IP-puhelimien laskentateho ei ole suuri kuin tietokoneen, ja toisin kuin tietokone, IP-puhelimet on suunniteltu pelkästään äänen välittämiseen. [19, s. 35.]

### 2.5.3 Ohjelmistopuhelin

Ylivoimaisesti helpoin tapa käyttää VoIPia on toteuttaa VoIP-keskustelu ohjelmistopuhelimen avulla [20]. Ohjelmistopuhelin tunnetaan myös nimellä Soft Phone. Kun IP-puhelimissa on puhelin toteutettu laitteellisesti, on ohjelmistopuhelimessa se toteutettu ohjelmistollisesti. Internetissä on lukuisia maksullisia ja ilmaisia ohjelmistopuhelimia. Kuvassa 8 on esitelty ilmainen SJphone-ohjelmistopuhelin, joka tukee sekä SIP- että H.323-protokollaa.



Kuva 8. IP-ohjelmistopuhelin Sjphone [49].

Ohjelmistopuhelimen äänenlaatu riippuu paljon käytettävän tietokoneen resursseista, ohjelmistopuhelimen laadusta ja Internet-yhteydestä [19, s. 35]. Laitteistovaatimukset ohjelmistopuhelimen käyttöön ovat hyvin yksinkertaiset:

- moderni PC (johon on kytketty mikrofoni ja kaiutin, headset tai USB-puhelin)
- laajakaistainen Internet-yhteys
- IP PBX-järjestelmä.

Jotta kommunikaatio onnistuu, vaaditaan puheluun osallistuvilta laitteilta sama kommunikaatioprotokolla ja vähintään yksi yhteinen audiokoodekki. [21.] Ohjelmistopuhelimien merkittävimmät hyödyt ovat kustannukset ja siirrettävyys, sillä erillistä puhelinlaitteistoa ei tarvitse hankkia ja paikkaa vaihdettaessa ohjelmiston voi asentaa helposti uudelleen.

Ohjelmistopuhelin valittiin käytettäväksi tähän työhön juuri sen saatavuuden, hinnan ja käytettävyyden vuoksi. Ohjelmistopuhelimen käyttöönotto ja toimintakuntoon saattaminen käy hyvin nopeasti. Lisäksi ilmaisia ohjelmistopuhelimia on saatavilla paljon.

## 2.6 VoIPin perusteet

VoIP (Voice over IP) tarkoittaa sitä, että puheliikenne siirtyy puhelinverkon sijasta Internetprotokollaa noudattavassa tietoverkossa eli Internetissä. VoIP mahdollistaa äänensiirron lisäksi multimedian ja videon välittämisen. VoIP muuntaa äänen digitaalisiin IP-paketteihin, jotka välitetään verkossa. Paketit eivät aina kulje samaa reittiä, eivätkä välttämättä saavu perille samassa järjestyksessä, vaikka olisivat lähetysvaiheessa peräkkäisiä. Vastaanottava pääte kerää paketit ja lajittelee ne oikeaan järjestykseen ja muuntaa takaisin ääneksi. Pakettivälitteinen tiedonsiirto mahdollistaa esimerkiksi Internet-surffailun samaan aikaan kun puhelu on käynnissä. Kuitenkin muiden verkkosovellusten yhtäaikainen käyttö VoIPin kanssa heikentää puhelun laatua selvästi [22; 14].

VoIPin kehityksen alkuvaiheissa äänenlaatu oli ala-arvoinen. Ensimmäiset Internet-puhelinohjelmisto optimoitiin hitaille modeemiyhteyksille ja niitä käytettiin äänikorteilla, joiden aiheuttama viive oli suhteellisen pitkä. Tämän päivän VoIP-ratkaisut on kohdistettu lähinnä yrityskäyttöön. Ratkaisuihin on sisällytetty optimoidut pääteohjelmat, palvelimet ja intranetit, jotka takaavat riittävän siirtonopeuden ja VoIP:in reaaliaikaisen toimivuuteen. VoIPin avulla siis voidaan tavallinen Internet-yhteys kääntää tavaksi puhua puheluita ilmaiseksi.

Silti VoIP-puhelut ovat laadultaan heikompia kuin keskiverto PSTN-verkon puhelu. IP-pakettien paketointi, pakettien käsittely ja puskurointi nostavat keskimääräiseksi viiveeksi yli 200 millisekuntia. Lisäksi IP-pakettien häviäminen kuljetuksen yhteydessä heikentävät äänen laatua. Jos yksi paketti kuljettaa 20 millisekunnin mittaista puhedatua, ihmiskorva aistii puuttuvat paketit. [23, s. 10.] Alle 100 millisekunnin viive pakettien välissä ei ole häiritsevää, mutta viive ei saisi ylittää 150 millisekuntia, sillä ihmiskorva alkaa kuulla sen äänenlaadun heikkenemisenä.

Tavallisessa puhelinverkossa maan sisäisten puheluiden keskimääräinen viive on 1020 millisekuntia. Matkapuhelinverkoissa viive on noin 180 millisekuntia. 400 millisekunnin viive tekee keskustelusta hyvin vaikeaa. Jotta VoIP toimii mielekkäästi, tulee Internet-yhteyden olla mielellään laajakaistayhteys, joka on nopeudeltaan yli 256 kb/s [14].

## 2.7 Merkinantoprotokollat

### H.323-protokollan toiminta

Merkinanto on menetelmä, jolla puhelu muodostetaan, ylläpidetään ja puretaan [12, s. 6]. H.323 on ITU-T:n suhteellisen vanha standardi äänen, videon ja datan siirtoon IP-verkossa. H.323 tarkoituksena on standardoida kokonainen tuote palveluineen. H.323-standardiperhe koostuu useasta ITU:n suosituksesta ja on saanut siitä kutsumanimeseen sateenvarjostandardi. H.323-protokollaperhe määrittelee puhelun merkinannon ja ohjauksen, median kuljetuksen ja ohjauksen sekä kaistanleveyden kontrolloinnin. [12, s. 7-8; 24, s. 4.]

### SIP-protokollan toiminta

SIP (Session Initial Protocol) on tekstipohjainen sovelluskerroksen protokolla, ja se toimii tekstipohjaisilla komennoilla. Sanomilla voidaan muodostaa, muokata tai sulkea Internet-puheluita. Käyttäjät voivat käyttää samaa tunnusta riippumatta siitä, missä verkossa he ovat. [17, s. 17.]

SIP on yksi suosituimmista VoIP-protokollista, ja se on korvaamassa vanhemman H.323-protokollan [25]. Tähän on useita syitä, joista yksi tärkeimpiä on se, että SIP on kehitetty olemaan osa World Wide Webiä. SIP käyttää osoitteinaan muun muassa URLeja, ja SIPin käyttämät ratkaisut muistuttavat hyvin paljon HTTP:tä. [14.]

SIP ei kuljeta ääntä, vaan ohjaa äänivirran oikeaan osoitteeseen. SIP-protokollan päätehtäviksi luetaan käyttäjän sijainnin selvittäminen, saatavuuden määrittely, resurssien ja istunnon asetuksien määrittely sekä istunnon hallinta. SIP toimii sekä IPv4- ja IPv6-protokollassa. [16, s. 8.]

Kuljetukseen SIP käyttää RTP-protokollaa (Real-Time Transport Protocol). RTP on yksinkertainen protokolla, joka välittää sovellukselle tiedon kehysten sisältämästä tietotyypistä, kehysten ajastuksesta, niiden häviämisestä ja kehysten sisältämän datan lähteistä. [26] Päätelaitteen tukemat yhteystyypit määritellään yhteyden alussa yhteydenkuvausprotokollalla (Session Description Protocol, SDP). SDP-protokolla tekee mediavirran neuvottelun ja määrittelyn kahden päätepisteen välillä. SIP toimii kuljetuskerroksen TCP- tai UDP-protokollan päällä. SIP käyttää TCP- ja UDP-protokollien porttinumeroa 5060. [12, s. 10-11.]

#### IAX-protokollan toiminta

IAX tulee sanoista Inter-Asterisk eXchange ja on protokolla, jonka ovat kehittäneet ohjelmoijat, jotka ovat kehittäneet Asteriskia. SIPin ja H.323:n rajoitteiden vuoksi ohjelmoijat päättivät luoda uuden standardin, joka mahdollistaa Asterisk palvelimien toteuttama asioita, jotka ovat mahdottomia muille protokollille. IAX lävistää NATin (Network Address Translation) helposti. [19, s. 34.]

NAT tunnetaan suomeksi nimellä osoitteenmuunnos. Osoitteenmuunnos on tekniikka, jonka avulla IP-osoitteita joko piilotetaan tai säästetään. Useimmiten osoitteenmuunnosta käytetään, kun Internet-yhteydellä on vain yksi IP-osoite, mutta useamman koneen tulee päästä Internetiin. [27] Useimmat palomuurit ja kodin Internetin yhdyskäytävät käyttävät osoitteenmuunnosta. SIP ja H.323 ovat kehittäneet standardeja, jotka sallisivat SIPin ja H.323:n lävistää erityyppisiä NATeja. IAX toimii melkeinpä jokaisen osoitteenmuuntimen läpi. [19, s. 34.]

Usein nähdään viitattavan IAX:seen ja IAX2:seen. Tänä päivänä nämä tarkoittavat kuitenkin samaa. IAX2 on yhdistetty IAX:ään, ja IAX on merkitty vanhentuneeksi. Jos laite kertoo tukevansa IAX2:ta, tukee se myös IAX:ää. [19, s. 35.]

## 2.8 IP-puheluiden turvallisuus

Niinkuin kaikkeen tietotekniikkaan, liittyy myös IP-puheluihin omat tietoturvariskinsä. Wallingford nimeää kolmeksi yleisimmäksi tietoturvariskiksi palvelunestohyökkäyksen, välimies-hyökkäyksen ja troijan hevoset [28, s. 223].

Palvelunestohyökkäys (Denial of service, DoS) pyrkii lamauttamaan tai alentamaan kohdeverkon toimintaa. Tarkoituksena ei ole tunkeutua järjestelmään, vaan häiritä sen toimintaa. Tapoja tämän toteuttamiseen on useita, joista kolme yleisintä ovat resurssien kuluttaminen, ohjaustietojen muuttaminen ja haitallisten lähetteiden syöttäminen palvelimelle. [29.] Palvelinestohyökkäyksiä vastaan suojaudutaan oikeuksien hallinnalla [28, s. 223].

Välimies (Man-in-the-Middle) on hyökkäysmenetelmä, jossa hyökkääjä asettuu keskusteluvien osapuolien keskustelun välittäjäksi. Hyökkääjä voi tarkkailla, nauhoittaa, estää ja halutessaan muokata puheluita. Hyökkäyksiä vastaan voi puolustautua salauksella ja käyttäjien todennuksella.

Troijan hevoseksi ja troijalaiseksi kutsutaan tietotekniikassa viattomaksi naamioitua itsenäistä haittaohjelmaa. Päästyään järjestelmään troijalainen käynnistää viruksen, madon, tekee tuhoja tai avaa takaportin tai haavoittuvuuden järjestelmään. [28, s. 223.]



### 3 Asterisk

#### 3.1 Asterisk-järjestelmän toiminta

Tässä työssä käytettävä Asterisk on täysin avoimen lähdekoodin ohjelma, joka sisältää kaikki IP-PBX:n ominaisuudet [12, s. 19]. Asterisk-ohjelmistoa alettiin kehittää vuonna 1999. Asteriskin luoja, Mark Spencer, työskentelee yrityksessä nimeltä Digium, joka kehittää Asteriskia yhdessä muiden avoimen lähdekoodin ohjelmoijien kanssa. [12, s. 19; 16, s. 20.]

Tuhannet ohjelmistokehittäjät laajentavat ja kehittävät Asteriskia jatkuvasti. Iso osa ohjelmiston joustavuudesta tulee juuri siitä, että Asterisk perustuu avoimeen lähdekoodiin. Asterisk sisältää ohjelmistokomponenttikirjaston, joka mahdollistaa yksittäisten moduulien lisäämisen järjestelmään ja poistamisen järjestelmästä. Tämä antaa käyttäjille ja yrityksille mahdollisuuden rakentaa yksilöllisen puhelinjärjestelmän tarpeidensa mukaan. [19, s. 7.]

Asterisk toimii useissa käyttöjärjestelmissä. Niihin lukeutuvat muun muassa Linux, Mac OS X, OpenBSD, FreeBSD ja Sun Solaris [16, s. 20]. Pelkkä Asterisk-sovellus mahdollistaa VoIP-puheluiden toteuttamisen. Jos Asterisk halutaan liittää PSTN-verkon, tarvitaan PSTN-liityntäkortti. Vaikka Asterisk sisältää kaikki IP-PBX:n ominaisuudet, mahdollistaa Asterisk paljon muutakin kuin puheluiden kytkemisen. Liitteessä 1 on lueteltuna Asteriskin tarjoamat palvelut puheluille ja niiden muodostamiselle. Asterisk-palvelimen ylläpitäjä voi vapaasti valita käytettävät palvelut. Liite ei sisällä kaikkia Asteriskin palveluita, vaan siinä on lueteltu Asteriskin mukana oletuksena tulevat palvelut [12, s. 19.]

Vaikka Asterisk mahdollistaa uusien teknologioiden nopean käyttöönoton, tämä ei silti tarkoita sitä, että Asterisk olisi yksinkertaisin ratkaisu. Asterisk on hyvin laaja sovellus ja vaatii syvempää tutustumista, jotta siitä saa irti haluamansa. Ongelmia voi tulla etenkin silloin, kun sovellukseen tutustutaan ensimmäistä kertaa. [17, s. 3334.]

Asterisk voidaan asentaa tavalliselle PC-koneelle. Pääsääntöisesti Asterisk toimii Linux-käyttöjärjestelmillä. Asterisk toimii keskuksena, joka yhdistää alempien kerrosten puhelinteknologioita sekä ylempien kerrosten puhelinsovelluksia. Alakerrosten puhelin tekno-

logiat jaetaan kolmeen osaan. Ensimmäisenä on VoIP-protokollat, kuten SIP, H.323 ja IAX2. Toisena on Zaptel-laitteet. Zaptel-laitteilla tarkoitetaan yleensä Digiumin omia liityntäkortteja yleiseen puhelinverkkoon. Kolmas osa on muut laitteet, jotka tarjoavat yhteyden yleiseen puhelinverkkoon. Yläkerrosten sovelluksilla tarkoitetaan muun muassa puheluiden siltaamista, neuvottelua ja äänipostia. [17, s. 35.]

### 3.2 SIP-kanavien konfigurointi

Asteriskin toiminta perustuu kanavien luomiseen ja hallintaan. Kanava on linja päätelaitteen ja Asteriskin välillä. Kanava aktivoituu aina puhelun yhteydessä. Kanavatyyppejä ovat kaikki VoIP-protokollat ja Zaptel. Jokaiselle käyttäjälle luodaan oma kanava. Kanavien konfigurointi tehdään `/etc/asterisk/`-hakemiston `"conf"`-tiedostoihin. SIP-kanavat luodaan `sip.conf` tiedostoon. Kuten esimerkkikoodi 1 esittää, `Sip.conf`-tiedoston alussa on `general`-osio, joka on merkitty hakasulkuihin. `General`-osiossa määritellään SIP-kanavien yleiset asetukset.

```
[general]                ; Aloittaa general-osion
port=5060                 ; SIP-portti (oletus on 5060)
bindaddr=0.0.0.0         ; Palvelimen osoitteiden määrittäminen SIP:lle
context=default          ; Ryhmä, jonne tuntemattomat soittajat laitetaan
```

Esimerkkikoodi 1. `General`-osio.

`Port`-kohta asettaa käytettävän UDP-portin. Oletuksena tämän kohdan arvo on 5060, eikä sitä tule muuttaa ilman erittäin hyvää syytä. `Bindaddr` määrittelee IP-osoitteen, johon SIP-palvelu halutaan yhdistää. Jos laitteella on useita IP-osoitteita, voidaan asetukseksi laittaa 0.0.0.0. Tämä yhdistää SIPin jokaiseen osoitteeseen. `Context`-oletusarvo on `default`. Se on ryhmä, jonne ohjataan tuntemattomat soittajat. Esimerkkikoodi 2 esittää, miten luodaan yksinkertainen kanava. Koodi on lisätty `sip.conf`-tiedoston loppuun.

```
; esimerkkikanavan konfigurointi
[samuli]                  ; Kanavan nimi
type=friend               ; friend-asetus sallii sekä vastaanottaa, että
                           ; soittaa puheluita
host=dynamic              ; Päätelaitteen tulee kirj. palvelimelle
disallow=all              ; Kielletään kaikki koodekit
allow=alaw                ; Hyväksytään a-law-koodekki
```

```

allow=ulaw           ; Hyväksytään u-law koodekki
nat=no               ; Päätelaitte ei NAT:n takana
username=samuli      ; Käyttäjänimi
secret=samuli        ; Salasana
callerid="samuli" <101> ; Määrittää käyttäjä ID:n ja alanumero
context=testi        ; Määritellään ryhmä (context), johon kanava
                     ; liittyy. Ryhmät on määritetty
                     ; extensions.conf-tiedostossa

```

Esimerkkikoodi 2. Yksinkertaisen kanavan luominen.

Ensimmäiselle riville tulee kanavan nimi, joka sijoitetaan hakasulkeiden väliin. Kohtaan type voidaan asettaa parametriksi jokin kolmesta arvosta; user, peer tai friend. User-parametri sallii yhteyden ainoastaan lähettää puheluita. Peer-parametri sallii yhteyden vastaanottaa puheluita. Friend on kombinaatio peer- ja friend-parametreistä. Jos tyy-piksi määritellään friend, voi yhteys vastaanottaa ja lähettää puheluita. Host-kohtaan määritellään käyttäjän osoite. [19, s. 72.] Osoite voi olla joko staattinen tai dynaami-nen, esimerkiksi sip.zvg.com tai 243.23.42.102 [30]. Disallow määrittelee, mitkä koo-dekit kielletään. Aluksi kielletään kaikki koodekit ja seuraavilla riveillä valitaan, mitä koodekkeja sallitaan. Username määrittelee käyttäjänimen, jota käytetään tunnistami-seen. Secret-kohtaan syötetään käyttäjän salasana. Callerid määrittää käyttäjän ID:n ja alanumeron. Context-kohta määrittelee, mihin ryhmään extensions.conf-tiedostossa kanava kuuluu. [19, s. 7273.]

### 3.3 Soittosuunnitelman konfigurointi

Soittosuunnitelmat (dialplan) tehdään extensions.conf-tiedostoon, joka sijaitsee /etc/asterisk/-kansiossa. Soittosuunnitelma koostuu neljästä pääkäsitteestä: ryhmistä, alanumeroista, prioriteeteista ja sovelluksista:

```
exten => alanumero,prioriteettinumero,sovellus
```

Esimerkkikoodi 3. Soittosuunnitelman neljä pääkäsitettä.

Soittosuunnitelmassa kanavat jaetaan ryhmiin (context) ja jokaisen kanavan on kuulut-tava vähintään yhteen ryhmään. Samaan ryhmään kuuluvat käyttäjät voivat muodostaa puheluita keskenään, mutta ryhmien väliset puhelut eivät ole mahdollisia. Ryhmittely mahdollistaa siis yhteyksien käyttäjäoikeuksien rajaamisen. [12, s. 25.] Koodiesimerkis-sä 4 on nähtävillä hyvin yksinkertainen soittosuunnitelma ryhmälle "testi".

```

[testi]                                ; Ryhmän määrittely
exten => 101,1,Dial(SIP/samuli,20)      ; Soitetaan puhelimeen
exten => 101,2,Playback(vm-notavailable) ; Mikäli vastaanottajaa ei
                                          ; tavoiteta, soitetaan
                                          ; automaattinen viesti
exten => 101, 3, Hangup()               ; Lopetetaan puhelu

```

Esimerkkikoodi 4. Yksinkertaisen soittosuunnitelman luonti.

Ensimmäisellä rivillä hakasulkeisiin laitetaan ryhmän nimi (context). Seuraavalla rivillä määritellään ensimmäisen prioriteettinumeron 1 toiminnot. Määrittelyt alkavat aina komennolla "*exten =>*". Seuraavaksi laitetaan liittymän alanumero, "*101*". Seuraava numero on prioriteettinumero, joka ilmaisee, missä järjestyksessä sovelluksia suoritetaan. Lopuksi tulee suoritettava sovellus, *Dial(SIP/samuli,20)*. *Dial* saa vastaanottavan puhelimen hälyttämään, ja kun puhelimeen vastataan, Asterisk yhdistää puhelun. *Dial*-sovellukseen tulee attribuutteina käytettävä teknologia, ID, toiminnot ja hälytysaika. Esimerkkikoodissa käytettävä teknologia on SIP, vastaanottajan ID on "*samuli*" ja puhelimen annetaan hälyttää 20 sekuntia. Mikäli kukaan ei vastaa puhelimeen, siirrytään seuraavalle riville. Prioriteetti 2 soittaa ääniviestin, joka ilmoittaa, ettei ketään tavoitettu. Viimeinen rivi katkaisee yhteyden. [19, s. 8889.]

### 3.4 Asteriskin hallinta

Asteriskia hallitaan Asteriskin omalla komentorivillä (CLI, Command Line Interface). Asterisk käynnistyy oletuksena automaattisesti käyttöjärjestelmän käynnistyessä. Mikäli Asterisk ei ole käynnissä, se voidaan käynnistää Linuxin terminaalissa komennolla "*asterisk*". Jos Asterisk on jo taustalla käynnissä, voidaan siihen palata lisäämällä parametri "*-r*" komennon perään. Kuvassa 9 Asterisk on avattu komennolla "*asterisk -rvvvvv*", joka näyttää paljon enemmän tietoa Asteriskin tilasta, kuin pelkkä "*-r*"-parametri. [16, s. 3537.]

```

root@ubuntufinal:/home/jorna# asterisk -vvvvvv
Asterisk 1.6.2.7-1ubuntu1.1, Copyright (C) 1999 - 2010 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
== Parsing '/etc/asterisk/asterisk.conf': == Found
== Parsing '/etc/asterisk/extconfig.conf': == Found
Connected to Asterisk 1.6.2.7-1ubuntu1.1 currently running on ubuntufinal (pid =
11683)
Verbosity is at least 5
ubuntufinal*CLI> _

```

Kuva 9. Asteriskin komentorivi.

Työssä käytetään Asteriskin yleisimpiä komentoja. Komennot sekä komentojen toimenpiteet on lueteltu taulukossa 3.

Taulukko 3. Asteriskin yleiset komennot [16, s. 36].

Komento	Toimenpide
Restart Now	Uudelleenkäynnistää Asteriskin välittömästi
Stop Now	Sammuttaa Asteriskin välittömästi
Reload	Päivittää ja uudelleen ajaa konfigurointitiedostot
Dialplan reload	Uudelleenlataa puheluiden reititysasetukset
Sip reload	Uudelleenlataa SIP-asetukset
Sip show channels	Näyttää aktiiviset SIP-kanavat
Sip show channel	Näyttää aktiivisen SIP-kanavan
Sip show peers	Näyttää määritellyt Asteriskin SIP-tilit
Sip show registry	Näyttää SIP-rekisteröintien tilan
Sip show users	Näyttää määritellyt SIP-käyttäjät

Joka kerta, kun konfigurointitiedostoja muokataan, tulee Asteriskissa uudelleenladata ne järjestelmään komennolla *"reload"*, jotta muutokset tulevat voimaan. Sama koskee myös SIP-asetuksia. Sip.conf-tiedoston muokkauksen jälkeen tulee Asteriskiin syöttää komento *"reload"*.

## 4 Drupal

### 4.1 Drupalin esittely

Drupal (kuva 10) on PHP-pohjainen avoimen lähdekoodin ilmainen sisällönhallintajärjestelmä ja sovelluskehitysalusta. Drupalin loi alun perin Dries Buytaert. Alun perin Buytaert kehitti Drupalia foorumijärjestelmäksi. [31.] Drupalin voi ladata ilmaiseksi Drupalin omilta sivuilta, ja se on vapaasti muokattavissa ja käytettävissä [32, s. xix]. Drupalin uusin versio 7.0 julkaistiin 5.1.2011 [31]. Vaikka Drupalista on julkaistu jo versio 7.0 ja versio 8 on kehitteillä, keskitytään tässä työssä lähinnä pelkästään Drupal 6:een, sillä yrityksessä, johon työ tehdään, on käytössä kyseinen versio.



Kuva 10. Drupalin logo

Drupal on lisännyt suosiotaan vuosi vuodelta, ja sitä käyttävät monet merkittävät yhtiöt kuten YLE, Uusi Suomi, Nelonen, Nokia Siemens Networks, Infoworld, Nokia, France24 ja monet muut. Maailmanlaajuisesti julkaistaan arviolta yli 400 uutta Drupal-sivustoa päivässä. [33.] Drupalilla on noin 4000 aktiivista kehittäjää, ja se ladataan keskimäärin 1,4 miljoonaa kertaa vuodessa [34].

### 4.2 Drupalin edut

Drupalin suuri suosio perustuu sen lukuisiin etuihin muihin sisällönhallintajärjestelmiin nähden. Reivilä [35] luettelee näistä seitsemän tärkeintä:

- helppokäyttöisyys
- lisenssimaksuttomuus
- avoin lähdekoodi
- skaalautuvuus
- ominaisuudet

- hakukoneoptimointi
- tietoturva.

Avoin lähdekoodi ja järjestelmän modulaarisuus takaa riippumattomuuden yhdestä järjestelmästä tai palveluntarjoajasta. Tiedon helppo ja vapaa siirtäminen ja yhdistäminen on taattua. Drupalin avulla saadaan sivuston peruspystytys helposti ja nopeasti tehtyä. Drupal on erittäin joustava ja helposti räätälöitävissä. Drupalilla on mahdollista toteuttaa myös laajoja verkkopalvelukokonaisuuksia. [35.]

#### 4.3 Drupalin toiminta

Drupal toimii palvelinympäristössä, joka tukee PHP 4.4.0:aa tai sitä uudempaa versiota. Drupal vaatii toimivan tietokantayhteyden palvelimella ja uuden tyhjän tietokannan. Apache on suositeltavin vaihtoehto HTTP-palvelimeksi. Syy tähän on Apachen yleisyys Drupal-julkaisujärjestelmän alustana. [36, s. 19.]

Tietokantajärjestelmäksi suositeltavin on MySQL tai vastaava SQL-tietokannan hallintajärjestelmä. Pääkäyttäjän tilille on annettava käyttöoikeudet tietokantaan. Drupal tarvitsee seuraavat oikeudet tietokantaan: SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE, CREATE, DROP, INDEX, ALTER.

Laajennukset ja lisäosat voivat vaatia seuraavia oikeuksia tietokannan käsittelyä varten: CREATE TEMPORARY TABLES, LOCK TABLES.

#### Drupalin lisenssi

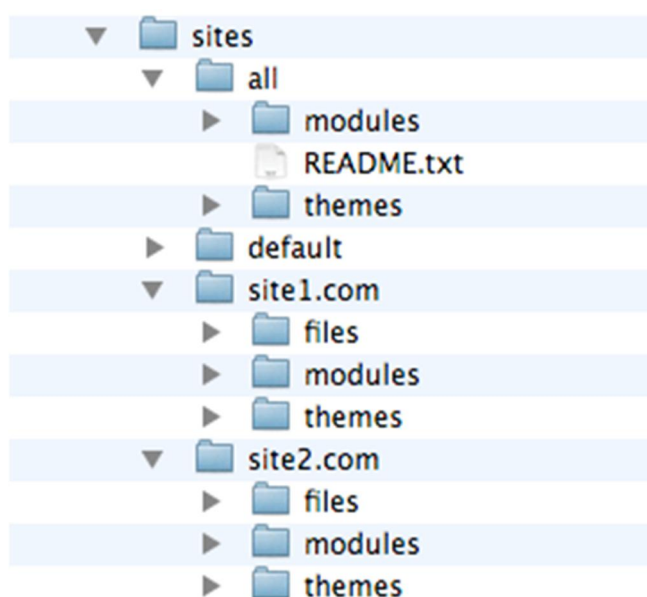
Drupal ja kaikki siihen liittyvät tiedostot Drupal.org:n alaisuudessa käyttävät GNU General Public License Versio 2 -lisenssiä. Tämä tarkoittaa sitä, että kenellä tahansa on lupa ladata, uudelleenkäyttää, muokata ja levittää Drupalia ja sen tiedostoja. [37.] Mahdolliset muutokset lähdekoodiin vaativat ainoastaan, että levitettävä lähdekoodi julkaistaan edelleen samalla lisenssillä [36, s. 19]. Tuhannet ihmiset ovat kirjoittaneet Drupalin ja sen lisämoduulit sekä teemat. Kaikki tekijät säilyttävät edelleen tekijäno-

keuden koodeihinsa, mutta julkaisevat työnsä samalla lisenssillä kuin Drupal on julkaistu. [37.]

### Uusien moduulien asentaminen Drupaliin

Drupal on jaettu osiin, joita kutsutaan moduuleiksi. Drupalin asennuksen mukana toimitetaan keskeisiä moduuleita, joita kutsutaan Drupalin ytimeksi (Drupal Core). Drupaliin voi myös asentaa muiden kehittämiä lisämoduuleita, jotka mahdollistavat sivustojen laajennettavuuden ja toiminnallisuuksien monipuolistamisen. [38.] Kuka tahansa voi kehittää uusia lisämoduuleita ja levittää niitä muille käyttäjille. Drupalin laajennukset on kerätty drupal.org-verkkosivulle. Vuonna 2010 Drupaliin oli saatavilla yli 7000 lisämoduulia [31].

Uusien moduulien asentaminen omaan Drupaliin on tehty yksinkertaiseksi. Pakattu moduuli ladataan drupal.org-sivustosta ja puretaan omalle koneelle. Tämän jälkeen moduuli siirretään Drupalin asennushakemiston polkuun /sites/all/modules. Siirtämisen jälkeen moduuli ilmestyy modules-hakemistoon Drupal-sivustolle. Sites-kansion hakemisto näyttää tyypillisesti samalta kuin kuvan 11 esimerkissä. Aivan Drupalin juuressa oleva modules-kansio on tarkoitettu ainoastaan Drupalin ydinmoduuleja varten.



Kuva 11. Drupalin tyypillinen hakemistorakenne.



Asentamisen jälkeen moduuli tulee kytkeä toimivaksi. Moduulien hallinta tapahtuu keskitetysti moduulien hallintasivulla. Moduulien hallintasivulle pääsee kirjautumalla Drupal-sivustolle ja menemällä Moduulit-valikkoon. Moduulit-valikko löytyy valikkopolusta Ylläpito > Sivuston rakentaminen > Moduulit kuvan 12 osoittamalla tavalla.

- [Oma käyttäjätilini](#)
- ▶ [Luo sisältöä](#)
- ▼ [Ylläpito](#)
  - ▶ [Sisällönhallinta](#)
  - ▼ [Sivuston rakentaminen](#)
    - [Käyttöliittymän kääntäminen](#)
    - [Lohkot](#)
    - [Moduulit](#)
    - [Teemat](#)
    - ▶ [Valikot](#)
  - ▶ [Sivuston asetukset](#)
  - ▶ [Käyttäjien hallinta](#)
  - ▶ [Raportit](#)
  - [Ohje](#)
- [Kirjaudu ulos](#)

Kuva 12. Moduulit-osio Ylläpito-valikossa.

Lisätyn moduulin pitäisi näkyä luettelossa. Moduuli otetaan käyttöön aktivoimalla moduulin edessä oleva valintaruutu. Kuvassa 13 on esimerkkinä otettu käyttöön kalenteri-moduuli.

▼ <a href="#">Date/Time</a>			
Käytössä	Nimi	Versio	Kuvaus
<input type="checkbox"/>	<b>Booking Timeslots</b>	6.x-1.1	Booking timeslots module Riippuu näistä: Calendar ( <b>disabled</b> ), Content ( <b>disabled</b> ), Views ( <b>disabled</b> ), Date API ( <b>disabled</b> ), Date Timezone ( <b>disabled</b> )
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Calendar</b>	6.x-2.4	Views plugin to display views containing dates as Calendars. Riippuu näistä: Views ( <b>disabled</b> ), Date API ( <b>disabled</b> ), Date Timezone ( <b>disabled</b> ) Vaativat tämän: Booking Timeslots ( <b>disabled</b> ), Calendar iCal ( <b>disabled</b> ), Calendar Multiday ( <b>disabled</b> ), Calendar Popup ( <b>disabled</b> )
<input type="checkbox"/>	<b>Calendar iCal</b>	6.x-2.4	Adds ical functionality to Calendar views. Riippuu näistä: Views ( <b>disabled</b> ), Date API ( <b>disabled</b> ), Calendar ( <b>disabled</b> ), Date Timezone ( <b>disabled</b> )
<input type="checkbox"/>	<b>Calendar Multiday</b>	6.x-2.4	Use the calendar multiday display as an alternative to the standard display. (BETA version) Riippuu näistä: Calendar ( <b>disabled</b> ), Views ( <b>disabled</b> ), Date API ( <b>disabled</b> ), Date Timezone ( <b>disabled</b> )

Kuva 13. Moduulien aktivoiminen moduulien hallintasivulla.

Aktivoimisen jälkeen moduulille tulee asettaa oikeudet käyttötarkoituksen mukaan. Käyttäjäoikeuksia voidaan muokata valikosta, joka polku on Ylläpito > Käyttäjien hallin-

ta > Käyttöoikeudet. Kuvassa 14 on esitetty esimerkki käyttöoikeuksien hallinnasta. Pääkäyttäjällä on oletuksena täydet oikeudet kaikkiin asennettuihin moduuleihin.

### Käyttöoikeudet

Käyttöoikeus	anonyymi käyttäjä	sisään kirjautunut käyttäjä	administrator
<b>moduuli block</b>			
lohkojen ylläpito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
PHP:n käyttäminen lohkon näkyvyysasetuksissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 14. Käyttöoikeuksien hallinta.

### Moduulien poistaminen järjestelmästä

Kun moduuli halutaan poistaa Drupalista, pitää se aluksi poistaa käytöstä moduulien hallintasivulta. Tämän jälkeen moduulin asennus voidaan poistaa suoraan palvelimen asennushakemistosta. Jos uudella moduulilla halutaan korvata saman moduulin vanhempi versio, tulee vanha versio poistaa käytöstä moduulien hallintasivulla sekä poistaa kokonaan asennushakemistosta. Asennuksen jälkeen tulee päivittää moduulin muutokset tietokantaan. [36, s. 28.]

### 4.4 Asterisk-Drupal-integraation mahdollisuus

Vuonna 2005 Leo Burd aloitti Audio Content -moduulin kehittämisen Drupaliin. Moduulin tarkoituksena oli auttaa käyttäjiä luomaan ja käsittelemään audioblogia suoraan matkapuhelimesta. Tuolloin jo yhdeksi ongelmaksi todettiin se, että moduuli vaatii Asterisk-palvelimen käsittelemään puheluita. Moduulia kehiteltiin aktiivisesti vuoteen 2006 saakka. 27.4.2011 projektin ylläpitostatus merkittiin hylätyksi ja projekti ilmoitettiin yhdistetyksi VoIP Drupal -projektiin. [39.]

Chad Phillips käynnisti oman projektinsa myös vuonna 2005. Projektin nimi oli Asterisk Integration ja sitä kehiteltiin aluksi Drupalin 4.6 -versiolle. Projekti kehittyi beeta-vaiheessa, ja vuonna 2007 projektia alettiin päivittää Drupal 6 -versiolle. Drupal 5 jätettiin tarkoituksella välistä, sillä kehitystyö oli vielä pahasti kesken. 3.5.2011 myös tämän projektin kehitys keskeytettiin ja projekti yhdistettiin VoIP Drupal -projektiin. [40.]

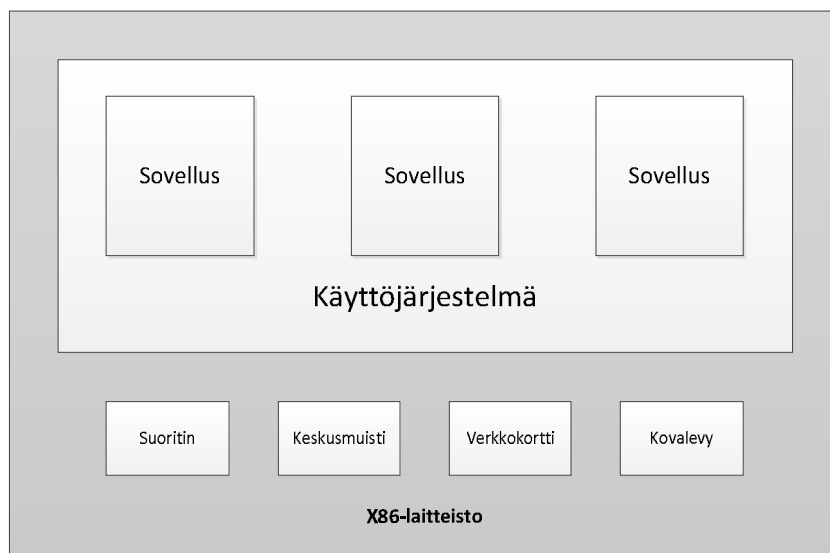
VoIP Drupal -projekti kehittää moduulia, joka on tällä hetkellä keskeisessä roolissa Asterisk-integraatiomodulin työstäjänä. Hyvin monet aiheeseen liittyvät projektit on yhdistetty tähän yhteen projektiin, joka lupaa paljon. 25.2.2011 Leo Burd (samainen mies, joka työsti Audio Content-moduulia) kirjoitti projektin sivuille viestin, jossa kerrotaan projektin laajuudesta. Burd kirjoittaa, että VoIP Drupal -moduulia käyttäen voidaan rakentaa sovelluksia, joissa yhdistyvät perinteinen puhelin, WWW-sivut, matkapuhelimien tekstiviestit, Twitter-palvelu, chat-palvelut ja muut kommunikointivälineet monin eri tavoin. Projektin tavoitteena on tarjota ohjelmointirajapinta, joka mahdollistaa yhteensopivuuden suosittujen Internet-puhelinpalvelimien kanssa, joista mainitaan muun muassa Asterisk, FreeSwitch, Tropo ja Twilio. Lisäksi tavoitteena on vähentää kustannuksia, jotka syntyvät tekstiä ja ääntä yhdistävien kommunikaatiojärjestelmien rakentamisesta. [41.]

Tällä hetkellä VoIP Drupal -moduuli tukee VoIP-palvelimia Tropo (voiptropo.module) ja Twilio (voiptwilio.module). Projekti on jatkuvassa kehityksessä, ja tämän insinöörityön teko aikanaan julkaistiin tuoretta tietoa aiheesta. Esimerkiksi viimeisin kehitysversio, 6.x-1.x.dev, julkaistiin 8.5.2011. Beta3-versio nimeltään 6.x-1.0-beta3 julkaistiin 23.4.2011. Asterisk-palvelinta tukevaa modulia Drupal 6:een tai uudempaan versioon ei ole kuitenkaan vielä julkaistu VoIP Drupal-projektissa, mutta se on kehitteillä. [41.]

## 5 VMware ja sen toiminta

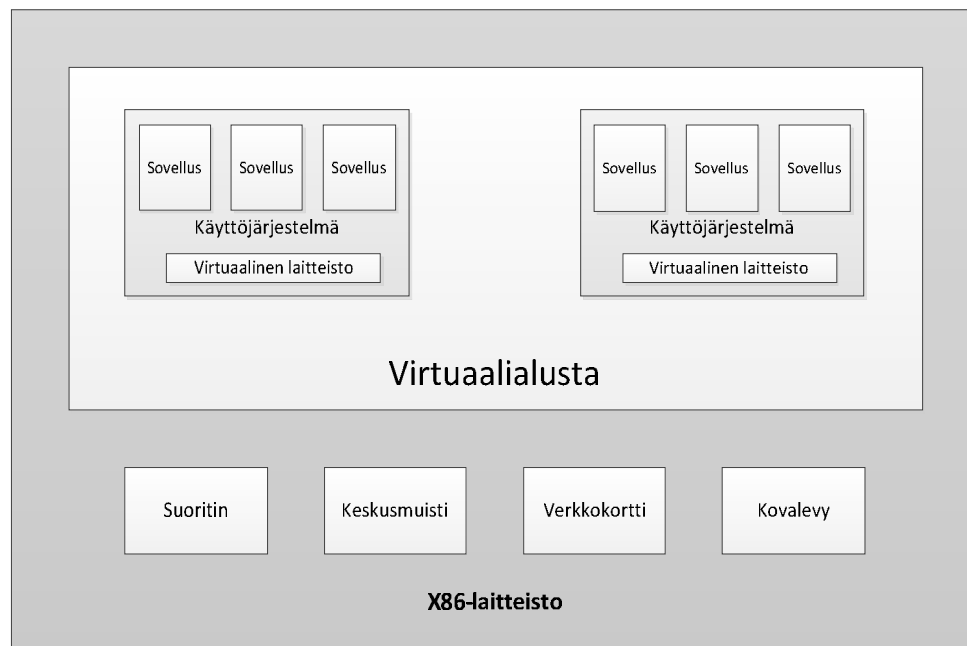
Virtualisoinnin käyttöön on monia syitä. Yritykset ovat yhä enemmän tietoisia ja alttiita ympäristön muuttumisesta. Virtualisoinnin ekologinen jalanjälki on huomattavasti pienempi verrattuna fyysisiin laitteistoihin, esimerkiksi kymmenen virtuaalikonetta yhdessä palvelimessa vastaan kymmenen erillistä fyysistä palvelinta. Yksi tärkeä syy virtualisointiin on kustannustehokkuus. Virtualisoinnin avulla saavutetaan huomattavat säästöt, sillä esimerkiksi fyysisiin laitteisiin ei tarvitse sijoittaa paljoa rahaa. [42, s. 78.]

Ohjelmiston virtualisointi on prosessi, jossa fyysinen laitteisto abstrahoidaan perustana olevasta käyttöjärjestelmästä ohjelmiston avulla. Tämä laitteiston abstrahointi mahdollistaa useiden virtuaalisten laitteiden toimia rinnakkain yhdessä fyysisessä laitteessa. Jokainen virtuaalilaitte on varustettu omalla itsenäisellä ja muista virtuaalilaitteista eritellyllä laitteistolla, kuten keskusmuistilla, suoritinteolla ja verkkokortilla. Tämän vuoksi luodut virtuaalipalvelimet näkyvät normaalin fyysisen laitteiston tavoin ulkopuolisille. Kuvassa 15 on havainnollistettu perinteisen x86-järjestelmän laitteistoarkkitehtuuri. [43, s. 13.]



Kuva 15. Perinteinen x86-laitteisto.

Virtualisoinnin kaikki taikuus tapahtuu virtualisointialustalla, joka nähdään kuvassa 16. Tämä alusta eristää virtuaalilaitteistot toisistaan sekä jakaa ja hyödyntää yhden fyysisen hallintalaitteiston resurssit virtuaalilaitteille. [43, s. 23.]



Kuva 16. Virtualisoitu laitteisto.

Virtuaalikone näkyy toiselle käyttöjärjestelmälle erillisenä laitteena, mutta itse asiassa tätä laitetta simuloi hallintajärjestelmässä toimiva ohjelmisto. Kuten tässä työssä, virtuaalikoneen muodostamiseen ja hallintaan viitataan usein termillä virtuaalipalvelin. [44.]

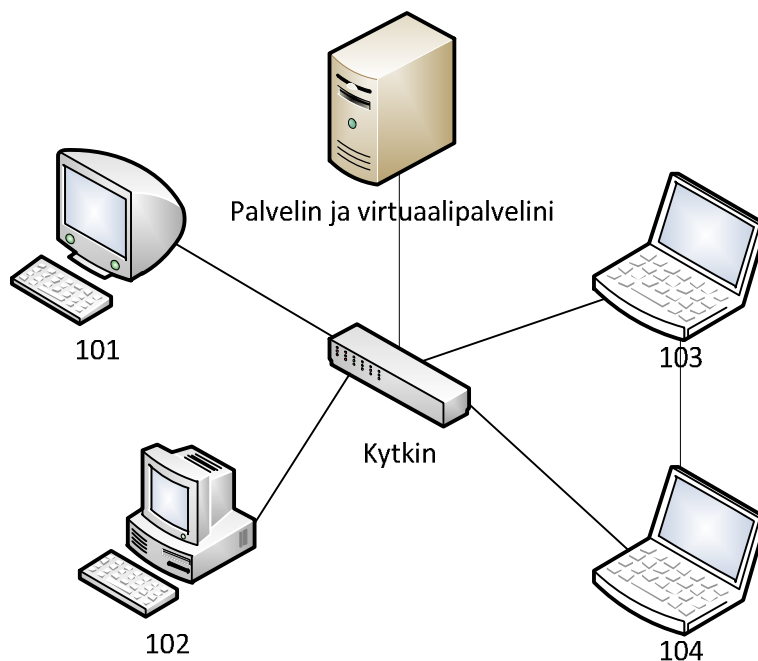
VMware on x86-alustan virtualisointiohjelmistoja tarjoava yritys. VMwaren tunnetuimpia ohjelmistoja ovat VMware Workstation, VMware Player ja VMware Server. Tässä työssä perehdytään ainoastaan työssä käytettävään VMware Serveriin. [45.]

VMware Server on ilmainen virtuaalikoneiden hallintaohjelmisto, ja se tunnettiin aiemmin nimellä VMware GSX Server. VMware Server on vapaasti ladattavissa VMwaren kotisivuilta. VMware Serverillä voi luoda ja muokata virtuaalikoneita. Tuote on tällä hetkellä ilmainen, sillä kilpailu alalla on kovaa ja VMware pyrkii ilmaisjakelulla kasvattamaan käyttäjäkuntaa, joka mahdollisesti ostaisi yrityksen maksullisia tuotteita. [45.]

## 6 Järjestelmän asennus ja konfigurointi

### 6.1 Työn suunnittelu

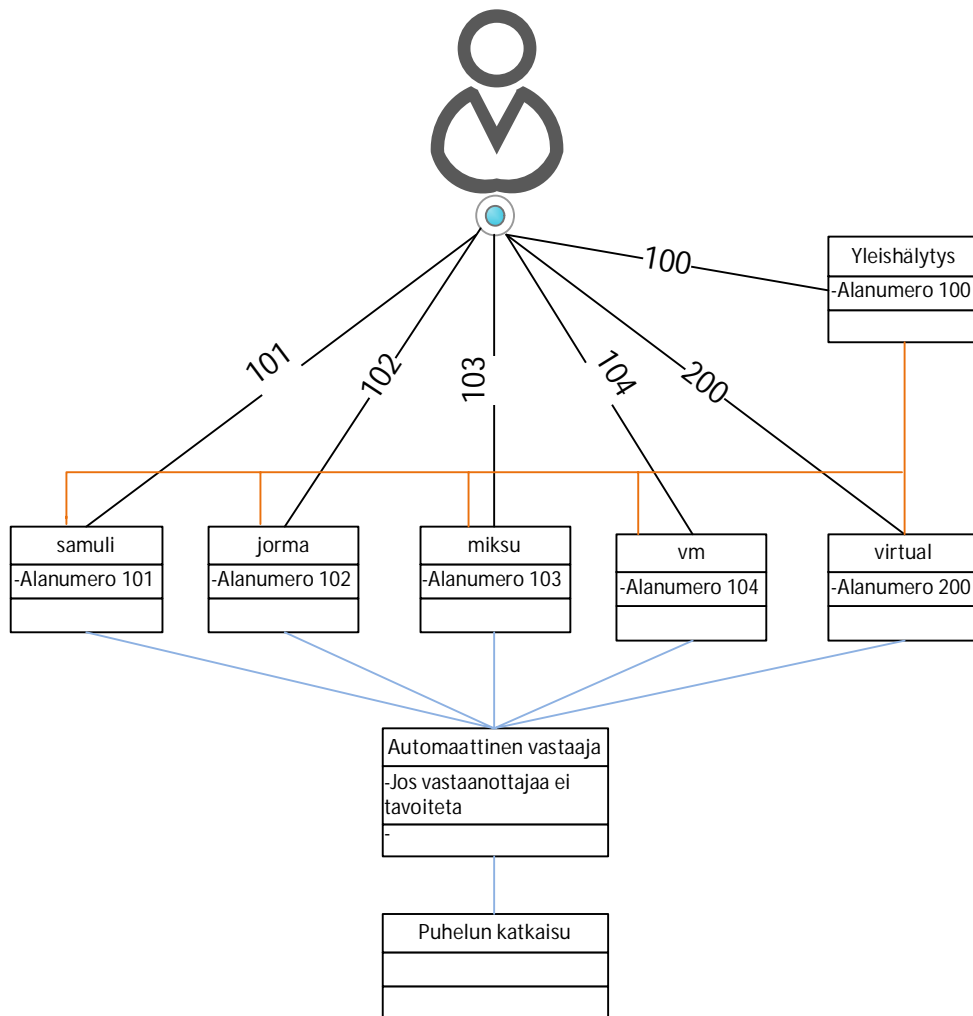
Työn käytännön toteutus aloitetaan tekemällä suunnitelma rakennettavasta järjestelmästä, sekä hahmotelma soittosuunnitelmasta. Työ tehdään pienelle yritykselle, jossa käyttäjiä on 4–8 henkilöä. Työssä pidetään koko ajan silmällä järjestelmän laajennettavuutta. Puhelinjärjestelmä tulee aluksi tietokoneiden välisten puheluiden välittäjäksi. Yrityksen palvelimelle asennetaan VMware Server, jolla virtualisoidaan järjestelmä. Virtuaalipalvelimelle asennetaan Kubuntu Server -käyttöjärjestelmä. Yrityksen tietokoneet yhdistetään palvelimeen alla olevan kuvan 17 osoittamalla tavalla.



Kuva 17. Palvelimen sijainti järjestelmässä.

Puheluiden reititystä varten tehdään suunnitelma, josta käy ilmi, kenellä on oikeus soittaa kenelle ja mitä vaihtoehtoja puhelut tarjoavat. Suunnitelma helpottaa myöhemmin extensions.conf-tiedoston konfigurointia Asteriskissa. Kuvassa 18 on esitelty puhelu-suunnitelman graafinen esitys. Puhelusuunnitelmaan merkitään aluksi neljä tavallista käyttäjää, joiden alanumerot ovat 101–104. Tavallisten käyttäjien lisäksi tehdään yksi

käyttäjä nimeltä virtual ja annetaan sille alanumeroksi 200, jotta se erottuu selvästi muista käyttäjistä.

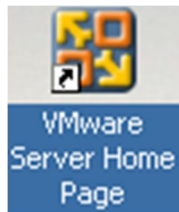


Kuva 18. Puhelusuunnitelman graafinen esitys.

Lopuksi tehdään kanava yleishälytykselle. Kun tehdään puhelu yleishälytysnumeroon 100, alkaa kaikkien muiden alanumeroiden puhelimet hälyttää. Mikäli haluttua numeroa ei tavoiteta tai puhelu hylätään soittamistilanteessa, ohjataan soittaja automaattiseen puhelinvastaajaan, joka tässä tapauksessa kertoo, ettei käyttäjää saatu kiinni. Lopuksi puhelu katkaistaan. Jos puheluun kuitenkin vastataan, siirrytään puhelun päättymisen jälkeen suoraan puhelun katkaisuun.

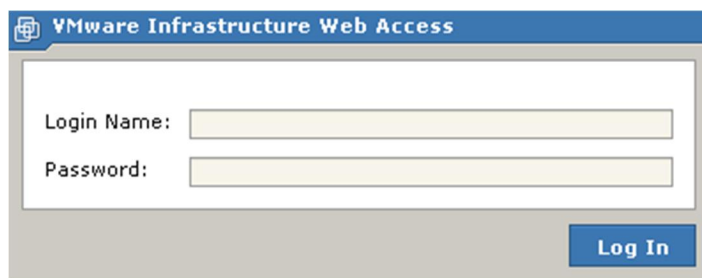
## 6.2 Wmware Serverin asentaminen kotilaboratorioon

Aluksi järjestelmän toimivuutta testattiin asentamalla virtuaalinen Asterisk-palvelin kotikoneelle. Tarkoituksena oli tehdä valmis palvelimen asennus ja kun se todettaisiin toimivaksi, siirrettäisiin se yrityksen palvelimelle. Virtuaalisena alustana käytettiin VMware-server-2.0.2 -palvelinta, joka on ladattavissa ilmaiseksi Internetissä valmistajan sivuilla. Ohjattu asennus käynnistyy asennuspaketista. Kun asennus on suoritettu loppuun, tulee tietokone käynnistää uudelleen. Työpöydälle on ilmestynyt pikakuvake (kuva 19), josta pääsee hallinnoimaan virtuaalipalvelinta.



Kuva 19. VMware-pikakuvake.

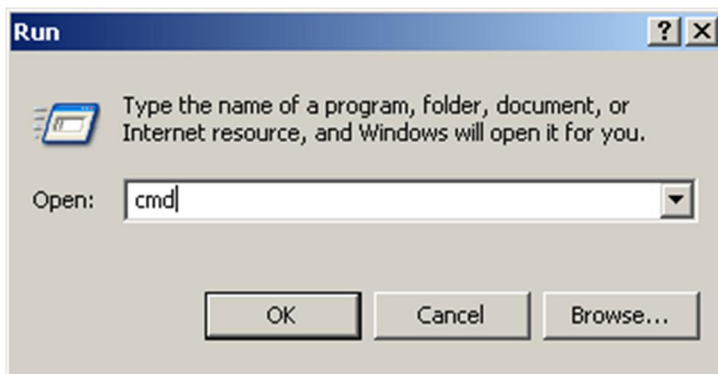
Pikakuvakkeesta avautuu selain, joka ohjaa käyttäjän sisäänkirjautumissivulle, joka on esitetty kuvassa 20. Login name -kohtaan tulee tietokoneen pääkäyttäjätunnus ja Password -ruutuun tietokoneen pääkäyttäjän salasana.



Kuva 20. VMwaren sisäänkirjautumisruutu.

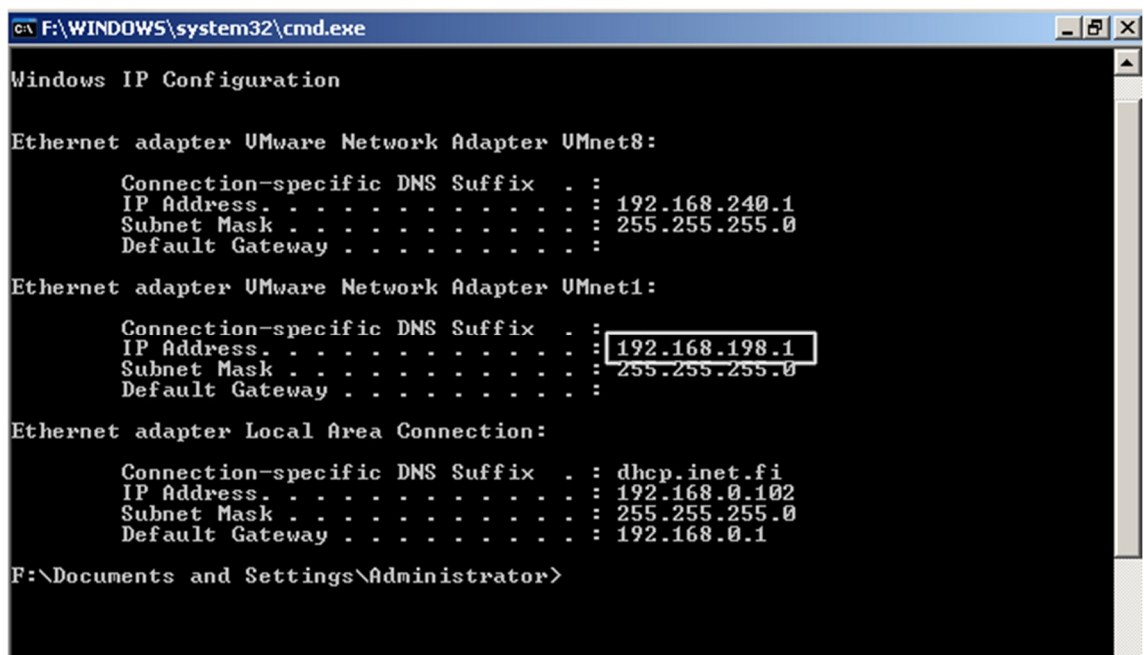
Kun VMwarea asennettiin ensimmäistä kertaa, tuli vastaan ongelma. Selain avasi vain sivun, joka kertoi, ettei palvelinta löydy. Selitys tähän on se, että IP-osoite, johon VMware ohjaa, on väärä. Kyseisessä tapauksessa väärä ohjaus johtui siitä, että käyttäjän IP-osoite on dynaaminen ja muuttuu tietokoneen uudelleenkäynnistymisen yhteydessä. Ratkaisuksi käy nykyisen IP-osoitteen syöttäminen osoiteriville. Tietokoneen käyttämän IP-osoitteen löytää menemällä Start-valikkoon. Sieltä avataan Run-valinta, jolloin avautuu kuvassa 21 nähtävä ruutu.





Kuva 21. Windowsin Run-ruutu.

Syötteeseen kirjoitetaan cmd ja painetaan OK. Tällöin käyttäjälle avautuu Windows-käyttöjärjestelmän komentotulkki. Komentotulkkiin syötetään komento ipconfig ja painetaan enter-näppäintä. Eteen avautuu kuvan 22 osoittama näkymä, josta löydetään tarvittava IP-osoite, joka on ympäröity kuvassa.

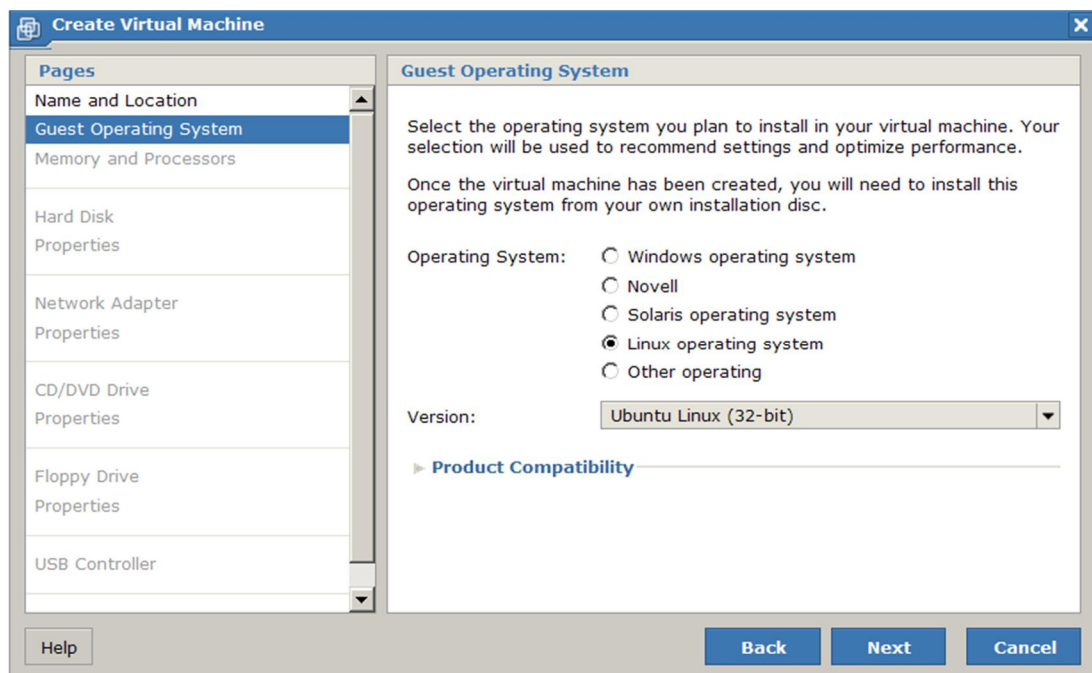


Kuva 22. Komentotulkin ipconfig-näkymä.

Tässä tapauksessa käytettävä IP-osoite on 192.168.198.1. Selaimeen kirjoitetaan osoite-teriville <https://192.168.198.1:8333>. Portti 8333 on VMware-palvelimen käyttämä oletusportti. Mikäli selain kysyy varmenteiden lataamista sivustoon liittyen, tulee ne ladata, jotta sivusto aukeaa.

## Käyttöjärjestelmän asentaminen virtuaalipalvelimelle

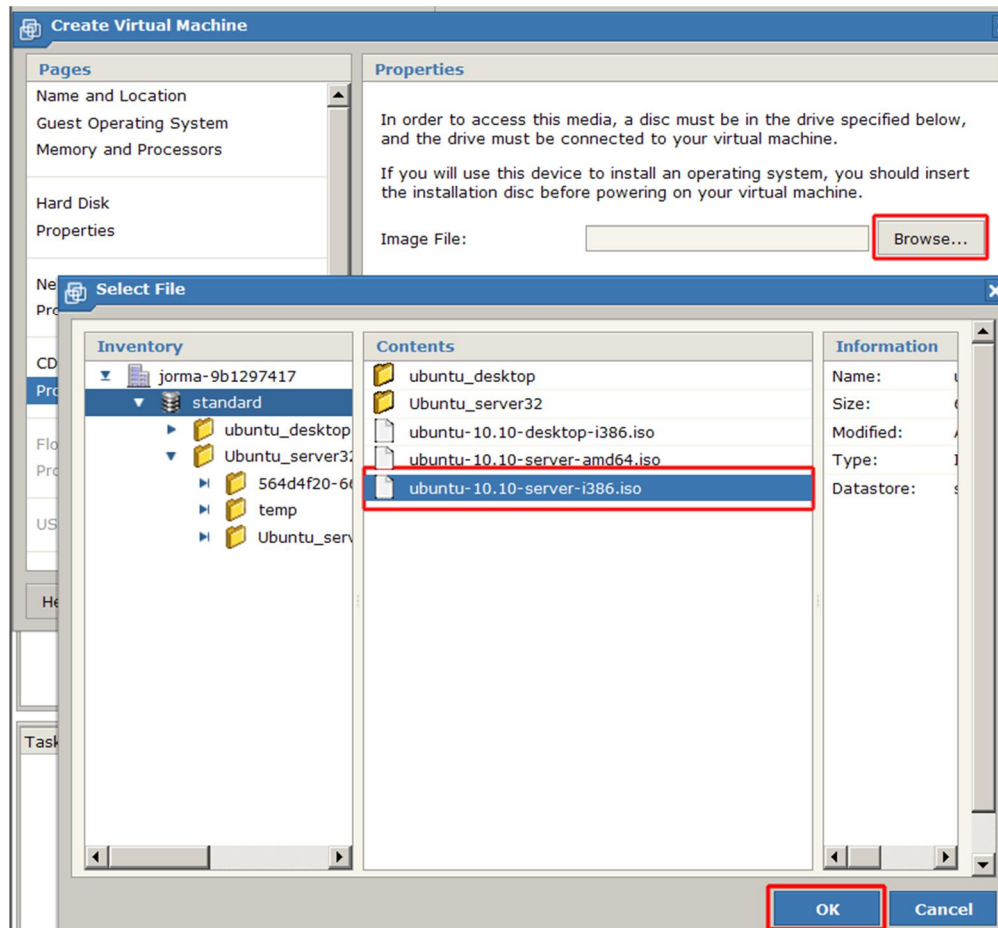
Kun VMwaren web-käyttöliittymä aukeaa, voidaan asentaa uusi virtuaalikone. Työhön valittu käyttöjärjestelmä on 32-bittinen Ubuntu Server. Käyttöjärjestelmä on ilmainen avoimen lähdekoodin sovellus, joka on ladattavissa Ubuntun verkkosivuilta. Kun Ubuntu on ladattu koneelle, palataan VMwaren web-käyttöliittymään. Ylävalikosta valitaan kohta Virtual Machine ja sen alavalikosta Create Virtual Machine. Ensimmäiseksi tulee antaa nimi uudelle virtuaalikoneelle. Seuraavassa vaiheessa tulee valita oikea käyttöjärjestelmä. Operating System -kohtaan valitaan Linux Operating System ja Version-alavalikosta valitaan Ubuntu Linux (32-bit) kuvassa 23 tehdyllä tavalla.



Kuva 23. Käyttöjärjestelmän valinta.

Memory and Processors -kohdassa voi jättää suositellut arvot. Tässä tapauksessa muistin määräksi suositeltiin 512 MB ja prosessorien lukumääräksi yksi kappale. Hard Disk -kohdassa luodaan uusi kovalevyvaraus valitsemalla Create New Virtual. Virtuaalikovalevyn tilaksi valitaan ehdotettu 8 GB. Muita asetuksia ei tarvitse muuttaa. Network Adapter -kohdassa valitaan Add a Network Adapter. Network Properties -kohdassa Network Connection -tyypiksi valitaan NAT. Tällöin virtuaalikone jakaa IP-osoitteen hallintakoneen kanssa. Connect Power On kohta valitaan aktiiviseksi.

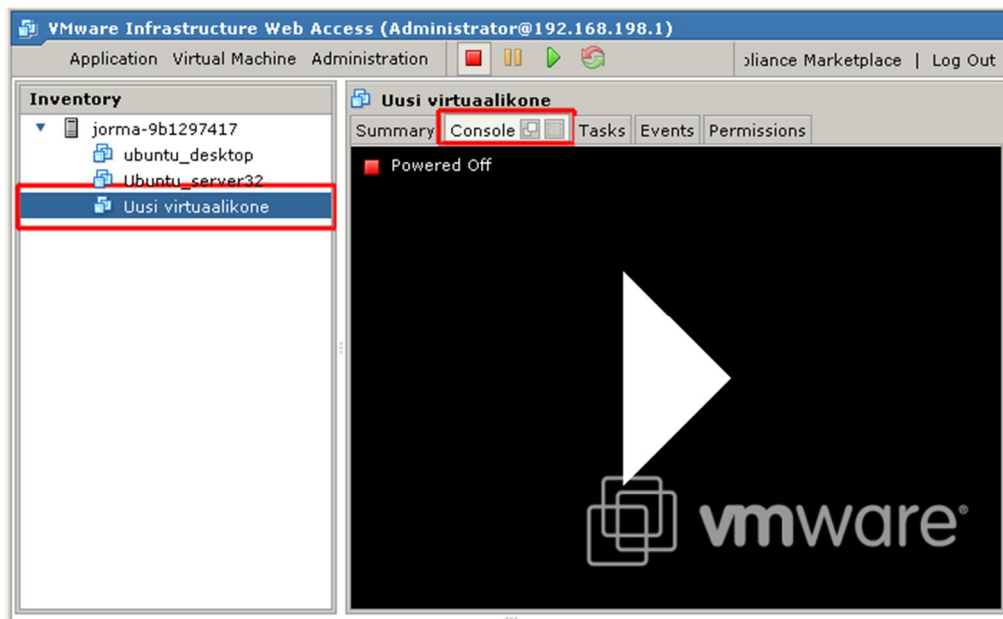
CD/DVD Drive -kohdassa Host Mediaksi valitaan Use an ISO Image. Tällöin voidaan valita Ubuntu asennettavaksi ladatulta ISO-imagelta. Properties-kohdassa valitaan ladattu Ubuntu ISO-tiedosto painamalla Browse-nappia kuvan 24 osoittamalla tavalla.



Kuva 24. Ubuntu asennuslevyksen valitseminen.

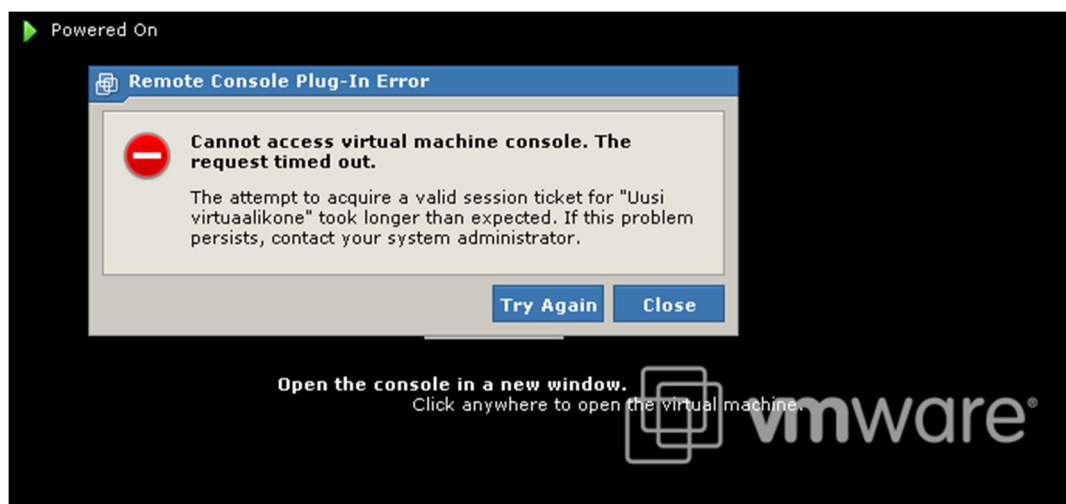
Seuraavaksi Floppy Drive -kohdassa kysytään, halutaanko virtuaalikoneen käyttävän levyasemaa. Tähän valitaan Don't add a floppy, sillä diskettiasemalla ei ole käyttöä. Viimeisessä konfigurointikohdassa USB Controller kysytään, halutaanko koneeseen lisätä USB-toiminta. Tätäkään ei tarvita, joten valitaan Don't add USB Controller. Lopuksi ruutuun tulee kaikki konfigurointitiedot ja käyttäjää pyydetään tarkistamaan, että ne ovat oikein. Sen jälkeen lopetetaan uuden laitteen luominen valitsemalla Finish.

Uusi virtuaalikone ilmestyy Inventory-luetteloon ruudun vasempaan reunaan. Kone käynnistetään valitsemalla kone aktiiviseksi luettelosta ja tämän jälkeen valitsemalla "OK", kuten kuvassa 25 havainnollistetaan.



Kuva 25. Uusi virtuaalikone ilmestyy Inventory-luetteloon.

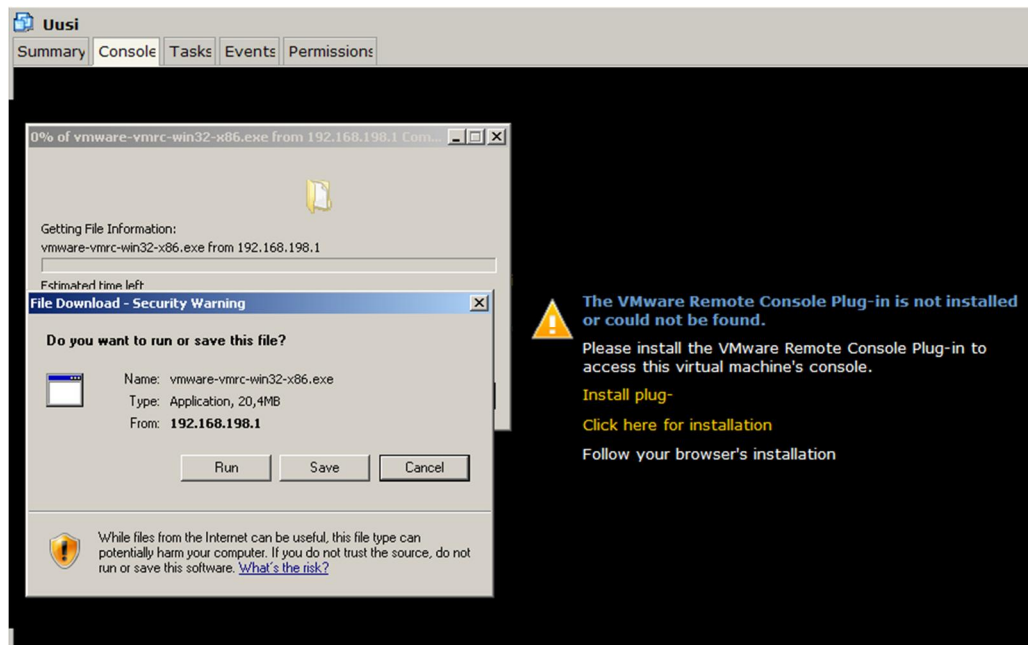
Laite käynnistetään napsauttamalla hiirellä mihin tahansa kohtaan mustalla ruudulla. Mikäli käytössä on Firefox-selain, pyydetään käyttäjää asentamaan VMware Remote Console Plug-in -lisäosa. Ensimmäisellä asennuskerralla käytössä oli Firefox 3.6.17-selain. Vaikka toimittiin ohjeiden mukaisesti, ruudulle ilmestyi kuvan 26 mukainen virheilmoitus, eikä uutta virtuaalikonetta saanut käynnistymään.



Kuva 26. VMware-konsolin antama virheilmoitus.

Syyksi tähän selvisi, ettei VMware Remote Console Plug-in-lisäosa toimi Firefoxin versio 3.6:ssa tai sitä uudemmissa versioissa. Siksi siirryttiin käyttämään Internet Explorerin 8.0.6001-versiota. Myös Internet Exploreriin täytyy asentaa vaadittu lisäosa. Kuvasta

27 nähdään, että lisäosa asennetaan napsauttamalla Install plug-in-linkkiä, jolloin eteen ilmestyy latausikkuna.

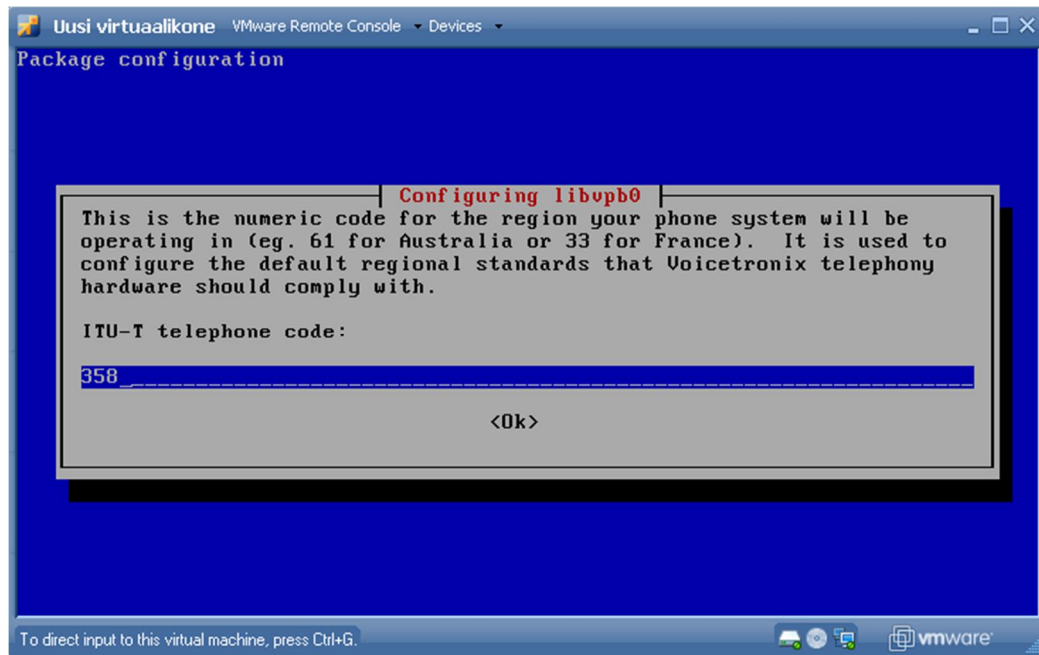


Kuva 27. VMware Remote Console Plug-in -lisäosan asennus Internet Exploreriin.

Latausikkunassa valitaan Run, jolloin lisäosa lataantuu koneelle ja ohjattu asennus opastaa läpi lisäosan asennuksen. Näiden toimenpiteiden jälkeen voidaan VMwaren konsoli aukaista ja käynnistää Ubuntun asennus. Ubuntun asennus on rajattu tämän työn ulkopuolelle, eikä sitä käydä tässä läpi.

#### Asteriskin asentaminen

Kun Ubuntu Server on saatu asennettua oikein, tulee se päivittää ennen Asteriskin asentamista. Päivitys tapahtuu syöttämällä komento "sudo su apt-get update". Kun päivitykset on ladattu ja asennettu, asennetaan Asterisk yksinkertaisesti syöttämällä komento "sudo su apt-get install asterisk". Asteriskin lataus ja asennus käynnistyy. Asennuksen puolivälissä ilmestyy kuvassa 28 esitettävä sininen ruutu, jossa pyydetään kirjoittamaan haluttu ITU-T:n määrittelemä kansainvälinen puhelintunnus.



Kuva 28. ITU-T puhelinnumeron kansainvälinen tunnus.

Suomen kansainvälinen tunnus on 358 [46]. Tämän jälkeen jatketaan asennusta valitsemalla Ok. Kun asennus on suoritettu loppuun, voidaan avata Asterisk syöttämällä komento asterisk. Mikäli Asterisk on jo taustalla käynnissä, voidaan siihen palata komentamalla *"asterisk -r"*. Lisämääritteellä *"-rvvvvv"* saadaan paljon lisätietoa Asteriskin tilasta, kuten kuvasta 29 nähdään.

```
root@ubuntufinal:~# asterisk -vvvvvr
Asterisk 1.6.2.7-1ubuntu1.1, Copyright (C) 1999 - 2010 Digium, Inc. and others.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for details.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
== Parsing '/etc/asterisk/asterisk.conf': == Found
== Parsing '/etc/asterisk/extconfig.conf': == Found
Connected to Asterisk 1.6.2.7-1ubuntu1.1 currently running on ubuntufinal (pid =
11683)
Verbosity was 0 and is now 5
ubuntufinal*CLI> _
```

Kuva 29. Asteriskin näkymä.

### 6.3 Asterisk-järjestelmän asentaminen yritysympäristöön

Kun Asterisk oli saatu asennettua ja toimimaan kotilaboratoriossa oikein, oli aika siirtää järjestelmä yritykseen, järjestelmän todelliseen ympäristöön. Yrityksellä oli valmiina palvelintietokone, johon oli asennettuna Ubuntu Server-käyttöjärjestelmä. Järjestelmään kuuluu viisi tietokonetta, joiden välille haluttiin puhelinyhteys suunnitelman mukaisesti, joka on esitetty kuvassa 18. Palvelimeen asennettiin VMware Server samalla tavalla kuin kotilaboratorioonkin sillä erotuksella, että yrityksen virtuaalilaite käyttää verkkotyyppinään sillattua (Bridged) yhteyttä.

Tämän jälkeen VMware-palvelimeen asennettiin Ubuntu Server -käyttöjärjestelmäksi, johon lopulta asennettiin Asterisk. Kun Asterisk oli asennettu, alettiin luoda tilejä sekä konfiguroimaan Asteriskia. SIP-tilit luotiin sip.conf-tiedostoon, jonka tiedostopolku oli /etc/asterisk/. Ensimmäinen SIP-tili luodaan aina heti general-osion jälkeen. Kuvasta 30 nähdään, kuinka SIP-tilin nimi, laitetaan hakasulkeisiin. Tässä tilin nimi oli samuli. Käytettävän puhelunreitityksen nimi oli "wys", joka annettiin context-kohdan parametriksi. Callerid-kohdassa määritellään tilin näyttönimi, sekä kulmasulkeissa on tilin alanumero, jonka avulla yhdistetään puhelu. Qualifyn arvoksi asetettiin "yes". Tämä määrää sen, kuinka monta millisekuntia laite voi olla saavuttamattomissa ennen kuin sen tulkitaan olevan suljettu. Arvo "yes" asettaa oletukseksi kaksi sekuntia [47].

```
[samuli]
type=friend
qualify=yes
callerid=Samuli Reivila<101>
context=wys
canreinvite=no
vmexten=samuli
secret=samuli
username=samuli
host=dynamic
subscribecontext=local-extensions
callgroup=1
dtmfmode=rfc2833
mailbox=samuli
disallow=all
allow=ulaw
allow=alaw
allow=gsm
allow=g722
allow=speex
```

Kuva 30. SIP-tili 1.

Luotiin vielä loput tilit, jotka noudattivat samaa kaavaa kuin Samulin tili. Kuvassa 31 esitellään Jorman SIP-tilin konfiguraatio.

```
[jorma]
type=friend
host=dynamic
qualify=yes
callerid=Jorma Kaulanen<102>
context=wys
canreinvite=no
vmexten=jorma
secret=jorma
username=jorma
subscribecontext=local-extensions
callgroup=1
dtmfmode=rfc2833
mailbox=jorma
disallow=all
allow=ulaw
allow=alaw
allow=gsm
allow=g722
allow=speex
```

Kuva 31. Jorman SIP-tilin konfiguraatio.



Jokaiselle tilille määriteltiin yksilöllinen callerid, username, secret, mailbox sekä vmexten. Kaikille tileille asetettiin sama arvo context-kohtaan, jotta puhelut voidaan reitittää keskenään extensions.conf-tiedostossa. Tilien luonnin jälkeen siirryttiin extension.conf-tiedostoon luomaan "wys"-kontekstille soittosuunnitelma.

Jokainen soittosuunnitelma (dialplan) aloitetaan kirjoittamalla hakasulkeisiin soittosuunnitelman nimi. Soittosuunnitelman nimi on siis sama, joka määriteltiin SIP-tileille context-kohtaan, eli tässä tapauksessa hakasulkeisiin kirjoitettiin "wys". Kaikki puhelut, joihin oli merkitty context-kohtaan "wys", reitittyivät tähän soittosuunnitelmaan ja ohjautuivat sen mukaan. Nyt on hyvä hetki vilkaista jälleen kuvaa 18, jossa on graafisesti esitettynä soittosuunnitelman kulku. Siitä nähdään, että alanumero 100 välittää saapuvan puhelun jokaiselle vastaanottajalle. Toisin sanoen, jos joku soittaa alanumeroon 100, alkavat kaikki halutut SIP-tilit hälyttää samaan aikaan, kunnes joku vastaa puhelimeen tai kunnes puhelu katkaistaan.

Kuvassa 32 ensimmäisellä exten-rivillä määritellään alanumero, prioriteettinumero sekä toiminta. Tässä alanumero on 100, prioriteetti 1 ja tapahtuma Dial. Dial-toiminto on selitetty tarkemmin luvussa 3.3. Tässä tapauksessa vastaanottavia tilejä on lisätty kolme kappaletta ja ne on erotettu toisistaan &-merkillä. Lopussa luku 20 tarkoittaa aikaa, jonka puhelin hälyttää, ellei kukaan vastaa puhelimeen. Tällä määrittelyllä tilit virtual, jorma ja miksu alkavat hälyttää, kun soitetaan numeroon 100. Prioriteetti 2-toiminnoiksi on määritelty Playback, joka toistaa vm-nobodyavail-tiedoston, mikäli kukaan ei vastaa. Prioriteetti 3 on puhelun katkaisu, kun kuuloke suljetaan tai jos kukaan ei vastaa.

```
[wys]

#include /admin/asterisk/drupal_integration/conf/drupal-extensions.conf

exten => 100,1,Dial(SIP/virtual&SIP/jorma&SIP/miksu,20)
exten => 100,2,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 100,3,Hangup()

exten => 101,1,Dial(SIP/samuli,20)
exten => 101,2,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 101,3,Hangup()

exten => 102,1,Dial(SIP/jorma,20)
exten => 102,2,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 102,3,Hangup()

exten => 103,1,Dial(SIP/miksu,20)
exten => 103,2,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 103,3,Hangup()

exten => 104,1,Dial(SIP/vp,15)
exten => 104,2,Hangup()


exten => 200,1,Dial(SIP/virtual, 20)
exten => 200,2,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 200,3,Hangup()
```

Kuva 32. Extension.conf-tiedosto.

Kuvan 32 soittosuunnitelma oli loppujen lopuksi suhteellisen yksinkertainen, mutta tilanteeseen riittävä. Soittosuunnitelmaa on helppo muokata, mikäli siihen syntyy tarvetta.

Kun soittosuunnitelma oli valmis, oli aika alkaa testata systeemin toimivuutta. Jokaiselle käyttäjälle asennettiin oma päätelaite, jota käytetään puheluiden tekemiseen ja vastaanottamiseen. Työhön valittiin ohjelmistopuhelimet ja perustelut ovat selvät. Ohjelmistopuhelimet on helppo ja nopea ladata ja asentaa, ja mikä tärkeintä, ne ovat ilmaisia. Lisäksi ylimääräisiä laitteita tai kytkentöjä ei tarvita. Ohjelmistoksi valittiin Blink-SIP-puhelin Internetistä löytyneiden suositusten perusteella. Koska testikäytössä oli Mac- ja Windows-järjestelmiä, katsottiin eduksi, että Blink oli yhteensopiva kummankin käyttöjärjestelmän kanssa.

Kun ohjelmistopuhelin oli asennettu, käynnistettiin Blink-ohjelmisto. Ensimmäistä kertaa käynnistyessään ohjelma kehottaa luomaan uuden SIP-tilin tai käyttämään olemassa olevaa tiliä. Kuvassa 33 määritellään uusi SIP-tili täyttämällä vaaditut kentät.



**Add Account**

**Add account**

Select whether you want to add a SIP account you already have or create a new one and then fill in the requested information.

☐ Add an existing SIP account

☒ Create a free SIP account

Your name: Jorma

Choose a username: Jorma

Choose a password: .....

Verify password: .....

E-mail address: x@x.com

The E-mail address is used when sending voicemail messages, missed call notifications and to recover a lost password.

Cancel Add

Kuva 33. Esimerkki uuden SIP-tilin määrittelystä Blink-ohjelmistossa.

Tilin luomisen jälkeen voidaan mennä preferensses-valikkoon muokkaamaan SIP-tiliä. Preferensses-valikossa napsautetaan ruudun vasemmassa reunassa olevaa "+"-merkkiä. Tällä kertaa valitaan *"Add an existing SIP account"*, kuten kuvassa 34 esitetään. Näytönimeksi laitetaan sama kuin äsken luotuun tiliin. SIP-osoitteeksi kirjoitetaan alanimero@palvelimen IP-osoite. Tässä tapauksessa Jorman tilin alanimeroksi määriteltiin 102. Lopuksi toistetaan salasana, joka määriteltiin tilin luomisvaiheessa, ja painetaan Add-painiketta.



Kuva 34. SIP-tilin lisääminen.

Nyt luetteloon ilmestyy näkyviin 102@192.168.0.84 -osoitteinen tili. Muut tilit voi poistaa selvyyden vuoksi "-"-merkillä. Jokaiselle käyttäjälle toistetaan sama, minkä jälkeen kaikki on valmiina puheluiden tekemiseen. Blinkin osoiteriville kirjoitettiin Miksun tilin osoite 103@192.168.0.84 ja napsautettiin vihreää kuuloketta, jolloin puhelu yhdistyi alanumeroiden 102 ja 103 välille. Kuvassa 35 seurataan puhelun yhdistymistä Asteriskissa.

```
-- Executing [103@wys:1] Dial("SIP/jorma-00000007", "SIP/miksu,20") in new stack
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called miksu
-- SIP/miksu-00000008 is ringing
== Spawn extension (wys, 103, 1) exited non-zero on 'SIP/jorma-00000007'
```

Kuva 35. Näkymä Asteriskissa, kun soitetaan Jorman puhelimesta Miksun puhelimeen.

#### 6.4 Asterisk-Drupal-integraation testaaminen

Kun puhelinjärjestelmä todettiin toimivaksi, käännettiin katseet Asteriskin ja Drupalin yhdistämiseen. Asterisk-palvelimelle oli asennettuna Drupal 6, jota käytettiin testialustana. Toiveena oli mahdollistaa puheluiden soittaminen suoraan Drupal-sivustolta selaimelta. Lisäksi haluttiin käyttää ainoastaan yrityksen sisäistä verkkoa, eikä ulkopuolisia VoIP-palveluntarjoajia.

Kuten teoriaosuuden luvussa 4.4 todettiin, Drupal 6 järjestelmälle ei ole tällä hetkellä käyttötarkoitukseen haluttua yksiselitteistä Asteriskin ja Drupalin yhdistävää moduulia, eikä tästä syystä käyttäjäkokemuksia. Huonoa lupaavista lähtötiedoista huolimatta työssä lähdettiin kokeilemaan moduulia, joka esiteltiin teoriaosuudessa. Moduuli on nimeltään Asterisk Integration ja sen käytettävä versionimi on 6.x-1.x-dev. Aluksi ladatastiin asennuspaketti koneelle osoitteesta <http://drupal.org/project/asterisk>. Asennuspaketti purettiin /drupal/all/sites/asterisk/modules/ -kansioon.

Tämän jälkeen moduuli aktivoitiin Drupal-sivustolla. Moduulin tietokannat asentuivat automaattisesti. Asterisk-moduulin asetuksia muokataan Ylläpito > Asterisk Integration > Asetukset -kohdassa. Asetuksiin lisättiin yrityksen Asterisk-palvelimen sijainti, osoite sekä salasana. Muutokset tallennettiin ja yhteyttä testattiin napsauttamalla sivulle ilmestynyttä "Test Connection"-linkkiä. Drupal ilmoitti yhteyden onnistuneen tekstillä "*Connection with Asterisk server sucessfull*". Kuitenkaan Asterisk-palvelimella ei näkynyt liikennettä tai yhteyksien luomisyrityksiä. Moduulin oikeuksien asettamista varten siirryttiin Ylläpito > Käyttäjien hallinta > Käyttöoikeudet > make calls -kohtaan ja asetettiin oikeudet kaikille käyttäjille.

Seuraavaksi kopioitiin asennuspaketin mukana tulleita tiedostoja oikeisiin hakemistoihin. Ensimmäisenä tiedostot xmlrpc.inc ja xmlrpcs.inc löytyivät includes-kansiosta. Tiedostot tuli kopioida Drupalin asennushakemiston Asterisk-moduulin drupal\_integration-kansioon. Toisessa vaiheessa siirrettiin drupal\_integration- ja drupal\_accounts-kansiot haluttuun paikkaan Asterisk-palvelimella. Kuitenkaan kansioita ei saanut laittaa toistensa sisään, vaan niiden oli oltava erillään toisistaan. Kolmanneksi siirrettiin asterisk\_xmlrpc.php-tiedosto drupal\_integration-kansioon.

Kun tiedostot oli siirretty, konfiguroitiin asterisk\_xmlrpc.php- ja hakemistosta drupal\_integration/scripts/ löytyvää AGI\_conf.inc-tiedostoja. Kumpaankin lisättiin tiedostojen drupal\_integration ja drupal\_accounts sijaintien hakemistopolut Asterisk-palvelimella.

Asterisk-palvelimella muokattiin extensions.conf-tiedostoa. Globals-otsakkeen alle lisättiin kuvassa 36 punaisella reunuksella korostetut kaksi riviä. Tiedostojen hakemistopolujen tuli olla täysin samat kuin ne, jossa tiedostot todellisuudessa sijaitsevat palveli-

mella. Tässä tapauksessa osoitteet olivat /admin/asterisk/drupal\_integration ja /admin/asterisk/drupal\_accounts.

```
[globals]
OFFICE_OPEN_OVERRIDE=
#include trunks.include
DIALOUT=9
INTERNATIONAL-PREFIX=011
RINGTIME=30
OPERATOR=0
RECORDING_FORMAT=wav

DRUPAL_INTEGRATION = /admin/asterisk/drupal_integration
DRUPAL_ACCOUNTS = /admin/asterisk/drupal_accounts
```

Kuva 36. Drupal-integraation vaatimat rivit extension.conf-tiedostoon.

Samassa tiedostossa lisättiin haluttuun soittosuunnitelmaan rivi, joka sisällytti soitto-suunnitelmaan drupal-extensions.conf-tiedoston sisällön. Lisättävä rivi oli muotoa #include /koko/hakemistopolun/alku/drupal\_integration/conf/drupal-extensions.conf. Riviin tuli muokata tiedoston oikea hakemistopolun alku. Kuten kuvassa 37 nähdään, tässä tapauksessa se oli /admin/asterisk/.

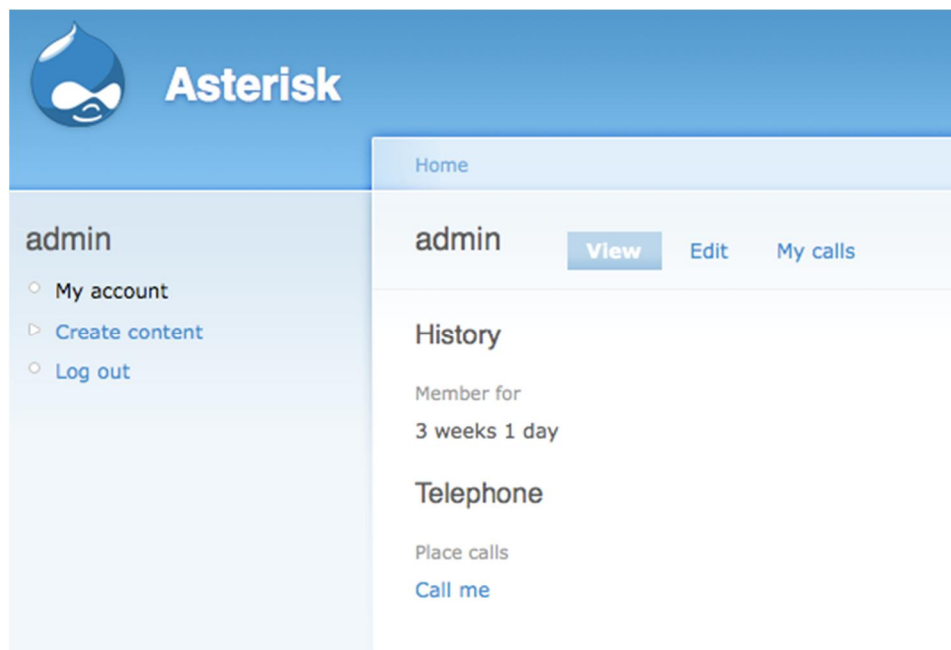
```
[wys]

#include /admin/asterisk/drupal_integration/conf/drupal-extensions.conf

exten => 100,1,Dial(SIP/virtual&SIP/jorma&SIP/miksu,20)
exten => 100,2,Playback(vm-nobodyavail)
exten => 100,3,Hangup()
:
```

Kuva 37. drupal-extensions.conf-soittosuunnitelman liittäminen extensions.conf-tiedostoon.

Nyt kun konfiguroinnit olivat valmiina, palattiin Drupalin sivustolle testaamaan jälleen integraation toimivuutta. Kun napsautettiin kuvassa 38 näkyvää Call me -linkkiä, yhteyttä ei saatu ja Drupal antoi virheilmoituksen "*Call to bridge, from 6600 failed*".



Kuva 38. Drupal-sivuston Call me -linkki.

Vaikka konfigurointiasetuksia tutkittiin, ei yhteyttä saatu toimimaan. Lisäksi Asteriskin päätteelle ei ilmestynyt minkäänlaista yhteydenottoyritystä. Keskustelupalstoilta löytyi aiheesta hyvin vähän keskustelua. Yksi henkilö oli joutunut samaan tilanteeseen ja kysyi apua keskustelupalstalla. Vastaukseksi annettiin vain kehoitus kysyä moduulinkehittäjältä asiasta. Henkilö ilmoitti jo kysyneensä tältä ja oli saanut tylyn vastauksen: "Ilmainen ohjelmisto ei tarkoita ilmaista tukea".

## 7 Yhteenveto

Asteriskin käyttöönotto ja konfiguroiminen kokonaisuudessaan onnistui hyvin. Kotilaboratorioon tehty esiasennus helpotti huomattavasti järjestelmän käyttöönottoa yrityksessä, kun pienistä, mutta harmillisista ongelmakohdista oli päästy eroon ja asennus oli todettu toimivaksi.

Soittosuunnitelmien tekeminen `extensions.conf`-tiedostoon oli luultua yksinkertaisempaa, kunhan oppi ymmärtämään käytettävän koodin logiikan. Käyttöä helpotti ja osittain viihdytti Asteriskin näyttöpäätte, jonne ilmestyi reaaliajassa kaikki Asteriskin tapahtumat, yhteydenotot sekä SIP-päätteiden tilat. Ymmärrys Asteriskin laajuudesta avautui työn aikana, ja Asterisk osoittautui hyvin monipuoliseksi työkaluksi. Asteriskia onkin verrattu työkalupakiksi, jonka avulla voi rakentaa yritykselleen tai yhteisölleen mieleisensä puhelinvaihteen omien tarpeidensa mukaisesti.

Kuin sattumalta, muutama päivä tämän asennustyön päätyttyä, Asterisk integration-projekti merkittiin hylätyksi ja kehitystyö keskeytetyksi. Projekti oli tätä ennen ollut kuusi vuotta aktiivisessa kehityksessä. Kuten luvussa 4.4 kerrotaan, tämäkin projekti yhdistettiin osaksi VoIP Drupal -projektia.

Asterisk-integration-moduuli oli tehty alun perin Drupal-versiolle 4.6. Moduulin ohjeistuksesta ei käynyt yksiselitteisesti selville, onko moduuli lopulta päivitetty toimimaan yhtään uudemmilla versioilla. Ohjeistus oli hyvin sekava eikä kokemuksia moduulin käytöstä löydetty, lukuun ottamatta edellä mainittua ongelmatapausta. Se, että moduulin kehitys merkittiin hylätyksi juuri asennusten jälkeen, kertoo, että moduuli oli jo testiasennuksen aikaan vajavainen. Asterisk-integration-moduulin kehittäjän tyly kommentti asialliseen kysymykseen loi negatiivisen asenteen koko moduulia kohtaan.

VoIP Drupal -moduulilta odotetaan tulevaisuudessa paljon, ja se voi sopia hyvinkin vastaaviin tehtäviin hyvin, kunhan siitä julkaistaan toimiva Asterisk-palvelinta tukeva versio. Syy, miksi kehitystiimi lähti ensiksi kehittämään integraatiota Twiliole ja Tropolle, eikä Asteriskille, ei perustu ainakaan palveluiden suosioon, sillä Asteriskin tiedetään olevan maailman suosituin IP-PBX-järjestelmä. Twilio ja Tropo kumpikin ovat maksullisia palveluja toisin kuin Asterisk, joka perustuu avoimeen lähdekoodiin ja on täysin



ilmainen. Tästä voidaan spekuloida, onko kehitystyön taustalla rahallisia sopimuksia Twilion ja Tropon kanssa.

On kuitenkin selvää, että nykyiset Drupal-moduulit Asterisk-integraatioon eivät ole tänä päivänä riittävän valmiit helppoon käyttöönottoon. Yritys Oy:ssä alettiin miettiä uusia vaihtoehtoja integraation toteuttamiseen. VoIP Drupal -moduulia kehitetään kuitenkin hurjaa vauhtia ja tätä työtä tehdessä päivityksiä sateli lähes päivittäin. Välillä kappaleen kirjoitettua oli käytävä tarkistamassa, että kehitystyön tiedot ovat ajan tasalla. Lähtöleveysuudessa nähdään, mihin kehitys johtaa.

## Lähteet

1. Tommi Kaituri. 2000. Automaattisten puhelinkeskusten historia. Verkkodokumentti. <[http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tkhist/k2000/alustukset/puhelin\\_keskukset/](http://www.cs.helsinki.fi/u/kerola/tkhist/k2000/alustukset/puhelin_keskukset/)>. Luettu 4.3.2011.
2. Antonio Meucci. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Antonio\\_Meucci](http://en.wikipedia.org/wiki/Antonio_Meucci)>. Luettu 4.3.2011.
3. Puhelinverkko. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/PSTN>>. Luettu 5.3.2011.
4. Pakettikytkentä. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/pakettikytkentä>>. Luettu 5.3.2011.
5. Tomi, Yletyinen. 1998. Verkon multimedia näkyy viestinnässä. Tietokone. Verkkodokumentti. <[http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone\\_4b\\_1998/verkon\\_multimedia\\_nakyy\\_viestinnassa\\_6394](http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_4b_1998/verkon_multimedia_nakyy_viestinnassa_6394)>. 4B/1998. Luettu 10.3.2011.
6. A Guide to VoIP history – the rise of VoIP. 2011. Verkkodokumentti. Which VoIP. <[http://www.whichvoip.com/voip/articles/voip\\_history.htm](http://www.whichvoip.com/voip/articles/voip_history.htm)>. Luettu 6.4.2011.
7. Leino, Raili. 2011. Yli puolet mailman kännyköistä on Aasiassa. Tekniikka & Talous. Verkkodokumentti. <<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/article616662.ece>>. 26.4.2011. Luettu 27.4.2011.
8. ICT Statistic. 2011. Verkkodokumentti. International Telecommunication Union. <<http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/>>. Luettu 20.4.2011.
9. IP PBX / SIP / VOIP-puhelinjärjestelmän tiedot / FAQ. 2011. Verkkodokumentti. 3CX. <<http://www.3cx.fi/voip-sip/ip-pbx-faq.php>>. Luettu 23.4.2011.
10. Fcc Releases New Local Telephone Competition Data. 2010. Verkkodokumentti. Federal Communications Commission. <[http://hraunfoss.fcc.gov/edocs\\_public/attachmatch/DOC-299051A1.pdf](http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-299051A1.pdf)>. 25.6.2010. Luettu 20.4.2011.
11. Puhelinkeskus. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Puhelinkeskus>>. Luettu 23.4.2011.
12. Peltomäki, Matti. 2005. Asterisk-Sovellus Puhelinvaihd palveluiden Tarjoajana. Verkkodokumentti. <<http://www.pori.tut.fi/~mm/Asterisk-sovellus%20puhelinvaihd palveluiden%20tarjoajana.pdf>>. Luettu 23.4.2011.
13. E.164. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/E.164>>. 4.1.2010. Luettu 27.4.2011.

14. VoIP. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/VoIP>>. Luettu 3.3.2011.
15. Joan, Ben. 2011. Difference Between PBX and IP PBX. Verkkodokumentti. <<http://www.differencebetween.net/technology/difference-between-pbx-and-ip-pbx/>>. Luettu 27.4.2011.
16. Paukkunen, Niko. 2010. Asterisk VoIP-puhelinjärjestelmät, Käyttöympäristöjen vaikutus konfigurointiin. Verkkodokumentti. <[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20795/Paukkunen\\_Niko.pdf](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20795/Paukkunen_Niko.pdf)>. Syksy, 2010. Luettu 29.4.2011.
17. Taipale, Jussi-Pekka. 2008. Asterisk puhelinvaihtejärjestelmän testaus ja käyttöönotto. Verkkodokumentti. <<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10029/Taipale.Jussi-Pekka.pdf?sequence=2>>. Luettu 20.4.2011.
18. Analog Telephone Adapter. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://en.wikipedia.org/wiki/Analog\\_telephone\\_adapter](http://en.wikipedia.org/wiki/Analog_telephone_adapter)>. 13.9.2010. Luettu 24.3.2011.
19. Merel, David; Dempster, Barrie; Gomillion, David. 2009. Asterisk 1.6. Birmingham: Packt Publishing.
20. Valdes, Robert; Roos, Dave. 2010. How VoIP Works. Verkkodokumentti. <<http://communication.howstuffworks.com/ip-telephony.htm>>. 2010. Luettu 20.4.2011.
21. Softphone. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://en.wikipedia.org/wiki/Softphone>>. Luettu 20.4.2011.
22. Elers, Nora. 2010. Tietoliikenteen ja tietotekniikan keskusliitto, FiCom, Nettipuhelu eli VoIP. Verkkodokumentti. <[http://www.ficom.fi/tietoa/tietoa\\_4\\_1.html?id=1112774427](http://www.ficom.fi/tietoa/tietoa_4_1.html?id=1112774427)>.html>. Luettu 25.4.2011.
23. Puska, Matti. 2011. IP Multimedia Systems. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences.
24. Spencer, Mark. 2002. Introduction to the Asterisk Open Source PBX. Verkkodokumentti. <<http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/misc/asterisk-whitepaper.pdf>>. Luettu 4.3.2011.
25. SIP. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/SIP>>. Luettu 28.4.2011.
26. RTP. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/RTP>>. Luettu 28.4.2011.
27. NAT. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Nat>>. Luettu 28.4.2011.

28. Wallingford, Ted. 2005. Switching to VoIP. O'reilly & Associates Inc.
29. Palvelunestohyökkäys. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Palvelunestohyökkäys>>. Luettu 29.4.2011.
30. Asterisk SIP host. 2009. Verkkodokumentti. VoIP-info.org. <<http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+sip+host>>. Luettu 1.5.2011.
31. Drupal. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Drupal>>. Luettu 24.4.2011.
32. Hogbin, Emma Jane; Käfer, Konstantin. 2009. Front End Drupal. Pearson Education, Inc.
33. Mikä Drupal on. 2011. Verkkodokumentti. Drupal Suomi. <<http://drupal.fi/fi/drupal-suomi>>. Luettu 24.4.2011.
34. Drupal –Julkaisujärjestelmä. 2009. Verkkodokumentti. Brain Alliance. <<http://www.brainalliance.com/ratkaisut/julkaisujarjestelmat/drupal>>. Luettu 24.4.2011.
35. Reivilä, Samuli. 2010. Drupal-sisällönhallinta. Verkkodokumentti. <[http://www.efire.fi/webhotelli/drupal-sisällönnhallinta](http://www.efire.fi/webhotelli/drupal-sisallönnhallinta)>. Luettu 1.5.2011.
36. Skog, Christer. 2010. Internet-Sivujen Suunnittelu Kyyti-Kirjastoille. Verkkodokumentti. <[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21415/Skog\\_Christer.pdf](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21415/Skog_Christer.pdf)>. Luettu 12.4.2011.
37. Licensing FAQ. 2011. Verkkodokumentti. Drupal. <<http://drupal.org/licensing/faq/>>. Luettu 5.5.2011.
38. Moduulit: Valinnaisia toimintoja ja lisäosia. 2008. Verkkodokumentti. Drupal Suomi. <<http://drupal.fi/fi/kayttajan-opas/moduulit-valinnaisia-toimintoja-jalisaasia>>. Luettu 24.4.2011.
39. Audioblog. 2011. Verkkodokumentti. Drupal. <<http://drupal.org/project/audioblog>>. Luettu 1.5.2011.
40. Asterisk Integration. 2011. Verkkodokumentti. Drupal. <<http://drupal.org/project/asterisk>>. Luettu 2.5.2011.
41. VoIP Drupal. 2011. Verkkodokumentti. Drupal. <<http://drupal.org/project/voipdrupal>>. Luettu 8.5.2011.
42. Forsström, Tuomas. 2009. Virtualisoidun palvelinympäristön asennus ja käyttöönotto Neon-laboratoriossa. Verkkodokumentti. <[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3841/Forsstrom\\_Tuomas.pdf](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3841/Forsstrom_Tuomas.pdf)> Luettu 15.4.2011.

43. Hammersley, Eric. 2007. Professional VMware Server. Wiley Publishing, Inc.
44. Virtualisointi. 2011. Verkkodokumentti. Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Virtualisointi>>. Luettu 12.4.2011.
45. VMware. 2010. Verkkodokumentti. Wikipedia. <[http://fi.wikipedia.org/wiki/VMware#VMware\\_Server\\_.28aiemmin\\_VMware\\_GSX\\_Server.29](http://fi.wikipedia.org/wiki/VMware#VMware_Server_.28aiemmin_VMware_GSX_Server.29)>. Luettu 8.5.2011.
46. National Numbering Plans. 2011. Verkkodokumentti. International Telecommunication Union. <<http://www.itu.int/oth/T0202.aspx?parent=T0202>>. Luettu 1.5.2011.
47. Asterisk sip qualify, SIP.conf: device configuration – qualify. Verkkodokumentti. VoIP-Info.org. <<http://www.voip-info.org/wiki/view/Asterisk+sip+qualify>>. Luettu 1.5.2011.
48. New York VoIP Provider Phone Service. 2011. Verkkodokumentti. VoIP New York. <<http://voip-newyork.com/tag/voip-new-york-phone-service/page/5/>> Luettu 23.5.2011.
49. Broadband IP Phones, Dial Up Phones, USB Phones and Free SoftPhones. 2011. Verkkodokumentti. AqmxTel. <<http://www.aqmxtel.com/phones.php>> Luettu 23.5.2011.

Palvelut puheluille ja niiden muodostukselle [12.]

<b>ADSI On-Screen Menu System</b>	<b>Interactive Directory Listing</b>
<b>Alarm Receiver</b>	Interactive Voice Response (IVR)
<b>Append Message</b>	Local and Remote Call Agents
<b>Authentication</b>	Macros
<b>Automated Attendant</b>	Music On Hold
<b>Blacklists</b>	Music On Transfer
<b>Blind Transfer</b>	Flexible Mp3-based System
<b>Call Detail Records</b>	Random or Linear Play
<b>Call Forward on Busy</b>	Volume Control
<b>Call Forward on No Answer</b>	Predictive Dialer
<b>Call Forward Variable</b>	Privacy
<b>Call Monitoring</b>	Open Settlement Protocol (OSP)
<b>Call Parking</b>	Overhead Paging
<b>Call Queuing</b>	Protocol Conversion
<b>Call Recording</b>	Remote Call Pickup
<b>Call Retrieval</b>	Remote Office Support
<b>Call Routing (DID &amp; ANI)</b>	Roaming Extensions
<b>Call Snooping</b>	Route by Caller ID
<b>Call Transfer</b>	SMS Messaging
<b>Call Waiting</b>	Spell / Say
<b>Caller ID</b>	Streaming Media Access
<b>Caller ID Blocking</b>	Supervised Transfer

<b>Caller ID on Call Waiting</b>	Talk Detection
<b>Calling Cards</b>	Text-to-Speech (via Festival)
<b>Conference Bridging</b>	Three-way Calling
<b>Database Store / Retrieve</b>	Time and Date
<b>Database Integration</b>	Transcoding
<b>Dial by Name</b>	Trunking
<b>Direct Inward System Access</b>	VoIP Gateways
<b>Distinctive Ring</b>	Voicemail
<b>Distributed Universal Number Discovery (DUNDi™)</b>	Visual Indicator for Message Waiting
<b>Do Not Disturb</b>	Stutter Dialtone for Message Waiting
<b>E911</b>	Voicemail to email
<b>ENUM</b>	Voicemail Groups
<b>Fax Transmit and Receive (3rd Party OSS Package)</b>	Web Voicemail Interface
<b>Flexible Extension Logic</b>	Zapateller